

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-338304

(P2001-338304A)

(43) 公開日 平成13年12月7日 (2001.12.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
G 0 6 T 7/60	3 0 0	G 0 6 T 7/60	3 0 0 A 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/24		G 0 1 N 21/956	A 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/956		G 0 3 F 1/08	S 2 H 0 9 5
G 0 3 F 1/08		G 0 6 T 1/00	3 0 5 A 4 M 1 0 6
G 0 6 T 1/00	3 0 5	H 0 1 L 21/66	J 5 B 0 5 7

審査請求 有 請求項の数19 OL (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-258234(P2000-258234)

(22) 出願日 平成12年8月28日 (2000.8.28)

(31) 優先権主張番号 特願平11-239586

(32) 優先日 平成11年8月26日 (1999.8.26)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-78847(P2000-78847)

(32) 優先日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 301014904

株式会社ナノジオメトリ研究所

神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号

(72) 発明者 山本 昌宏

神奈川県川崎市宮前区土橋4-11-4 パークヒルズ鷹宮304

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外2名)

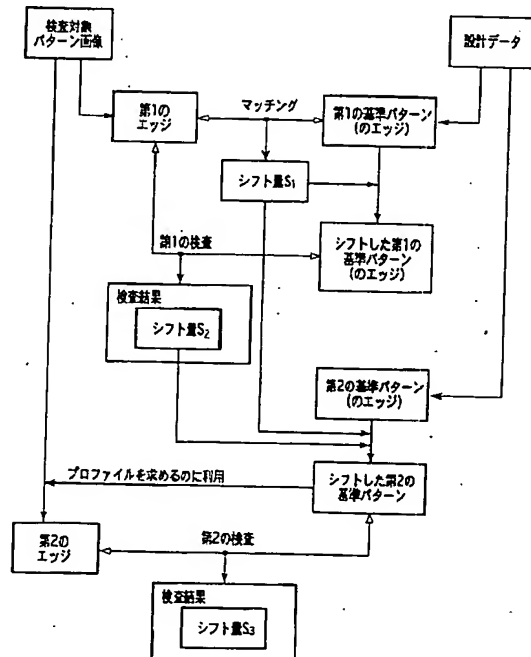
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン検査装置、パターン検査方法および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 検査対象パターン画像と基準パターンとの比較検査を実時間で行うこと等である。

【解決手段】 検査対象パターンの画像から第1のエッジを検出する。第1のエッジと第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターン画像と基準パターンとのマッチングを行う。求めたシフト量 S_1 を用いて第1の基準パターンをシフトする。第1のエッジとシフトした第1の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_1 が求まる。第2の基準パターンをシフト量 $S_1 + S_2$ 分シフトする。シフトした第2の基準パターンを用いて、検査対象パターン画像上でプロファイルを求め、第2のエッジを検出する。第2のエッジとシフトした第2の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_2 が求まる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンとのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備えたことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項2】 請求項1に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像のエッジと前記基準パターンとのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターン画像と前記基準パターンとのマッチングを行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項3】 請求項2に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、前記検査対象パターン画像のエッジを膨張させて行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項4】 請求項2に記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、前記基準パターンとのエッジを膨張させて行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項5】 請求項2ないし4のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジの振幅と前記基準パターンとのエッジの振幅との積の総和を評価値として行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項6】 請求項2ないし4のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジベクトルと前記基準パターンとのエッジベクトルとの内積の総和、または該内積の絶対値の総和を評価値として行い、前記エッジベクトルはエッジの振幅をその大きさとして有し、エッジの方向をその方向として有することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項7】 請求項2ないし6のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記マッチングは、前記基準パターンの部分ごとに重み付けを変えて行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項8】 請求項1ないし7のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記基準パターンの各ピクセルのエッジを、前記実パターン画像の各ピクセルのエッジと対応づけることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項9】 請求項8に記載のパターン検査装置において、前記対応づけは、前記基準パターンの各ピクセルのエッジと前記検査対象パターン画像の各ピクセルのエッジとの距離、および両エッジの方向差を考慮して行うことを特徴とするパターン検査装置。

【請求項10】 請求項8または9に記載のパターン検査

装置において、前記検査手段は、前記対応づけを行うことができなかった前記検査対象パターン画像のエッジに基づき領域を構成し、該領域を欠陥領域として認識することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項11】 請求項8ないし10のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記対応づけを行うことができた前記検査対象パターン画像のエッジに基づき領域を構成し、該領域のうち輝度の分布が非一様である領域を検出し、該領域を欠陥領域として認識することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項12】 請求項10または11に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記欠陥領域の幾何学的特徴量に基づいて欠陥種を判定することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項13】 請求項10ないし12のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記欠陥領域の輝度に関する特徴量に基づいて欠陥種を判定することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項14】 請求項8ないし13のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記基準パターンに対する、前記検査対象パターンのパターン変形量を計算することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項15】 請求項14に記載のパターン検査装置において、前記パターン変形量には、位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量の少なくとも1つが含まれることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項16】 請求項14または15に記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記基準パターンにパターンの属性を付加することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項17】 請求項1ないし16のいずれかに記載のパターン検査装置において、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像上でプロファイルを取り、該プロファイルごとに所定の点を検出し、検出した点に関して曲線近似を行って、前記検査対象パターン画像のエッジとすることを特徴とするパターン検査装置。

【請求項18】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査方法であって、前記検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、

前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記憶された前記基準パターンとのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査ステップと、

前記検査の結果を出力する出力ステップとを備えることを特徴とするパターン検査方法。

【請求項19】 検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、前記パターン検査方法は、

前記検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、

前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記憶された前記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査ステップと、

前記検査の結果を出力する出力ステップとを備えることを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パターン検査装置、パターン検査方法および記録媒体に関し、より具体的には、例えば、設計データに従い作成された、半導体(LSI)や液晶パネルおよびそれらのマスク(レチクル)などの微細パターンを検査するためのパターン検査装置、パターン検査方法および記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン検査、あるいはそのパターン形成用のマスクのパターン検査には、ダイ・ツー・ダイ(die to die)比較と呼ばれる方法を用いた光学式パターン検査装置が使われている。この検査方法は、検査対象のダイとその近接ダイの同じ位置から得られる画像どうしを比較することで欠陥を見つける方法である。

【0003】一方、近接ダイの存在しないレチクルと呼ばれるマスクの検査には、ダイ・ツー・データベース(die to database)比較と呼ばれる方法が採用されている。すなわち、CADデータを画像フォーマットに変換して近接ダイの代わりとし、前述同様の検査をする方法が使われている。当該技術は、たとえば米国特許5563702号“Automated photomask inspection apparatus and method”に記載されている。ただし、この手法では、ウェーハに形成された実パターンのコーナーの丸み部分が欠陥として認識されてしまうので、その対策として、CADデータから得られた画像に丸みをもたせる前処理を行う方法などで回避している。このような状況でダイ・ツー・データベース比較検査を行うと、コーナーの不良と判断する必要のないパターン変形を欠陥として認識してしまい、これは上述の前処理を行ってもかなり発生する。逆に、コーナーのパターン変形を無視する設定にすると、コーナー以外に存在する微小欠陥を認識できないというジレンマがある。

【0004】現在、マスクについては、CADデータに正確に一致する必要があるため、ダイ・ツー・データベース比較方式での検査が実用化されている。しかしながら、ウェーハに転写されたパターンは電気特性などが保証される範囲でパターン変形が許されており、実際に露光条件の違いなどからパターン変形がかなりの程度発生している。

【0005】また、前述のダイ・ツー・ダイ比較方式の

パターン検査方法では、システマティック欠陥とよばれる、マスク不良などを原因としてウェーハ上の全ダイにおいて共通に発生する欠陥は検出できない。すなわち、検査対象のダイ及びその比較対象の近接ダイの両方に同じ欠陥が発生しているため、両者を比較したのでは違いがわからないからである。

【0006】そこで、計算コストなどで問題があり実用化には至っていないが、CADデータとウェーハ画像とのマッチング検査が提案されている。たとえば、NEC技報Vol. 50, No. 6/1997の「電子ビームテストを用いたロジックLSIの自動故障箇所トレース法」がある。この文献では、配線エッジのX、Y軸へのプロジェクションを用いる方法、配線コーナーに着目した方法、遺伝的アルゴリズムを応用した方法が記述されている。また、この文献で採用した方法として、エッジを直線近似した後に閉領域を抽出し、この閉領域を使うマッチング方法が説明されている。しかし、これらいずれの方法も高速検査に使用可能な速度を実現できず、さらに、パターンの変形量を検出しながらマッチングすることができない。

【0007】また現在では、欠陥を含む画像(欠陥画像)とこれに対応した近接ダイの画像(リファレンス画像)との比較による自動欠陥種分類(Auto Defect Classification: ADC)が使われている。しかしながら、リファレンス画像の輝度むらなどが認識精度に影響する。また、画像だけからはパターンの内部と外部の特定が不可能な場合がある。このような場合は、短絡と欠損の区別などが困難な場合が多い。また、欠陥がどのパターンを破壊しているかの情報が得られないので、パターンへの致命的欠陥とそうでない欠陥の分類ができない。

【0008】ダイ・ツー・ダイ比較を用いた検査方法では、欠陥の位置について、検査装置のステージ精度及び光学系精度に起因する誤差をもっており、その誤差は配線パターン幅より10倍程度以上大きい。これが原因で、形成したいパターン(設計パターン)に欠陥位置を投影しても、パターンの欠陥位置を正確に特定することができない。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】近年、集積回路のパターン幅は露光プロセスで使用する光源波長程度か、もしくはそれを下回るようになってきており、このようなパターン形成には、光近接効果補正(Optical Proximity Correction: OPC)パターンを付加する方法が採用されている。これは、設計データにOPCパターンを付加したものでマスクを形成し、これにより露光することで、製造されるウェーハ上の実パターンを設計データに近づける技術である。

【0010】OPCパターンがウェーハのパターンに補正として有効に作用しているかどうかは、従来のダイ・ツー・ダイ比較では検査できない。したがって、その解

決方法、たとえばウェーハのパターンと設計データとの比較検証を、許容パターン変形量を考慮して行える手法が求められている。

【0011】また、例えばシステムオンチップ（SOC）で見られる多品種少量生産では、短納期が求められている。このような場合に、最終検査である電氣的検査でシステムティック欠陥を発見しても、短納期に出来ない場合がある。この対策として、露光プロセスの各段階で設計データとの差異をモニタする要求が発生している。そこで、電気特性に影響しないパターン変形を許容パターン変形量として設定しておき、許容パターン変形量以内の変形を考慮しながら設計データとウェーハのパターンの比較検証を行えるような検査方法が求められる。

【0012】また現在では、パターン変形の評価として、リソシミュレータなどによりデザインチェックが行われている。このシミュレーションの正当性を検証するために、リソシミュレータが出力したパターン（シミュレーションパターン）と実パターンとの比較検討手段が必要とされている。

【0013】また、設計データに対するパターン変形量を求めることにより、回路設計上の技術を向上させることがますます重要になっている。

【0014】ところで、現在、半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン線幅管理用に、CD-SEM（Critical Dimension Scanning Electron Microscope）が用いられている。このCD-SEMは、ショットと呼ばれるステップの一転写単位ごとに、指定された位置にある直線パターンの線幅をラインプロファイルを使って自動的に測長するものである。この測長を、1ロットあたり数枚のウェーハにおける数ショットに対して数ヶ所実施し、ステップの転写機能が正常かどうか、nm単位で管理することができる。

【0015】回路パターンの管理としては線幅以外にも、配線終端の縮み、孤立パターンの位置なども重要であるが、CD-SEMの自動測長機能は1次元対応で線幅など長さしか測定できない。したがって、これら2次元形状の測定は、CD-SEMや他の顕微鏡から得られた画像を操作者が目視することにより実施されている。

【0016】光近接効果補正（OPC）は、直線パターンの線幅を確保するのはもとより、コーナーや孤立パターンの形状形成にも重要な役目を担っている。またさらに、動作周波数の向上により現在では、ゲート線幅に加えて、エンドキャップやフィールドエクステンションと呼ばれるゲート配線パターンの先端や付け根の形状管理も重要になってきている。

【0017】このような2次元パターンの形状測定は、製造工程での抜き取り検査でも、試作段階でも重要であり、特に試作段階では、ウェーハ全面についてパターン形成の検査が必要とされる。

【0018】しかし、上述のように2次元形状の管理は人的作業によっているのが現状で、正確性、生産性の面から自動化が求められている。

【0019】そこで、本発明の目的は、検査対象パターン画像と基準パターンとの比較検査を実時間で行うことである。

【0020】また、本発明の別の目的は、電氣的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングを行うことである。

【0021】また、本発明の別の目的は、安定した欠陥検出を行うことである。

【0022】さらに、本発明の別の目的は、これまで目視で行われていた2次元パターン（検査対象パターン画像）の測定を定量的に高速に自動実施可能とすることである。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の側面において、本発明に係るパターン検査装置は、検査対象パターンを基準パターンと比較して検査するパターン検査装置であって、前記基準パターンを記憶する記憶手段と、前記検査対象パターンの画像を入力する入力手段と、前記入力された検査対象パターンの画像のエッジと前記記憶された基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターンを検査する検査手段と、前記検査の結果を出力する出力手段とを備える。

【0024】ここで、前記検査手段は、前記検査対象パターン画像のエッジと前記基準パターンのエッジとを比較することにより、前記検査対象パターン画像と前記基準パターンとのマッチングを行うものとすることができる。

【0025】ここで、前記マッチングは、前記検査対象パターン画像のエッジを膨張させて行うものとすることができる。

【0026】ここで、前記マッチングは、前記基準パターンのエッジを膨張させて行うものとすることができる。

【0027】ここで、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジの振幅と前記基準パターンのエッジの振幅との積の総和を評価値として行うものとすることができる。

【0028】ここで、前記マッチングは、各ピクセルにおける前記検査対象パターン画像のエッジベクトルと前記基準パターンのエッジベクトルとの内積の総和、または該内積の絶対値の総和を評価値として行い、前記エッジベクトルはエッジの振幅をその大きさとして有し、エッジの方向をその方向として有するものとすることができる。

【0029】ここで、前記マッチングは、前記基準パターンの部分ごとに重み付けを変えて行うものとする。

ができる。

【0030】ここで、前記検査手段は、前記基準パターン
の各ピクセルのエッジを、前記実パターン画像の各ピ
クセルのエッジと対応づけるものとすることができる。

【0031】ここで、前記対応づけは、前記基準パター
ンの各ピクセルのエッジと前記検査対象パターン画像の
各ピクセルのエッジとの距離、および両エッジの方向差
を考慮して行うものとすることができる。

【0032】ここで、前記検査手段は、前記対応づけを
行うことができなかった前記検査対象パターン画像のエ
ッジに基づき領域を構成し、該領域を欠陥領域として認
識するものとすることができる。

【0033】ここで、前記検査手段は、前記対応づけを
行うことができた前記検査対象パターン画像のエッジに
基づき領域を構成し、該領域のうち輝度の分布が非一様
である領域を検出し、該領域を欠陥領域として認識する
ものとすることができる。

【0034】ここで、前記検査手段は、前記欠陥領域の
幾何学的特徴量に基づいて欠陥種を判定するものとす
ることができる。

【0035】ここで、前記検査手段は、前記欠陥領域の
輝度に関する特徴量に基づいて欠陥種を判定するものと
することができる。

【0036】ここで、前記検査手段は、前記基準パター
ンに対する、前記検査対象パターンのパターン変形量を
計算するものとすることができる。

【0037】ここで、前記パターン変形量には、位置ず
れ量、倍率変動量、および線幅の太り量の少なくとも1
つが含まれるものとすることができる。

【0038】ここで、前記検査手段は、前記基準パター
ンにパターンの属性を付加するものとすることができる。

【0039】ここで、前記検査手段は、前記検査対象パ
ターン画像上でプロファイルを取り、該プロファイルご
とに所定の点を検出し、検出した点に関して曲線近似を
行って、前記検査対象パターン画像のエッジとするもの
とすることができる。

【0040】本発明の第2の側面において、本発明に係
るパターン検査方法は、検査対象パターンを基準パター
ンと比較して検査するパターン検査方法であって、前記
検査対象パターンの画像を入力する入力ステップと、前
記入力された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手
段に記憶された前記基準パターンのエッジとを比較する
ことにより、前記検査対象パターンを検査する検査ステ
ップと、前記検査の結果を出力する出力ステップとを備
える。

【0041】本発明の第3の側面において、本発明に係
る記録媒体は、検査対象パターンを基準パターンと比較
して検査するパターン検査方法をコンピュータに実行さ
せるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記

録媒体であって、前記パターン検査方法は、前記検査対
象パターンの画像を入力する入力ステップと、前記入力
された検査対象パターンの画像のエッジと記憶手段に記
憶された前記基準パターンのエッジとを比較することに
より、前記検査対象パターンを検査する検査ステップ
と、前記検査の結果を出力する出力ステップとを備え
る。

【0042】以上の構成によれば、検査対象パターン画
像と基準パターンとの比較検査を実時間で行うことが
できる。

【0043】また、電気的に許容される範囲内での形状
差を許容してマッチングを行うことができる。

【0044】また、安定した欠陥検出を行うことができ
る。

【0045】さらに、これまで目視で行われていた2次
元パターン（検査対象パターン画像）の測定が定量的に
高速に自動実施可能となる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の
好ましい実施形態について詳しく説明する。

【0047】図1は、設計データに基づく理論上のパター
ンの例を示す図であり、図2は、設計データに基づい
て実際に製造されたパターン（実パターン）の例を示す
図である。図2に示すように、実パターンには、短絡欠
陥があったり、粒子付着による欠陥があったり、許容変
形量内の変形があったりする。したがって、設計データ
に基づいて理論上得られるパターンとは、いくらか異な
ったものになる。

【0048】本実施形態に係るパターン検査装置は、検
査対象パターン（例えば、図2に示すようなパターン）
を、基準パターン（例えば、図1に示すようなパター
ン）と比較して検査する。

【0049】図3は、本実施形態に係るパターン検査装
置が行う検査処理の概要を示す図である。検査処理で
は、まず、検査対象パターンの画像から第1のエッジを
検出する。次に、第1のエッジと第1の基準パターンの
エッジとを比較することにより、検査対象パターン画像
と基準パターンとのマッチングを行う。マッチングを行
った結果、シフト量 S_1 が求まるので、このシフト量 S_1
を用いて第1の基準パターンをシフトする。そして、第
1のエッジとシフトした第1の基準パターンのエッジと
を比較することにより、検査対象パターン（実パター
ン）を検査する。この第1の検査では、パターン変形量
を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の
1つとしてシフト量 S_1 が求まる。

【0050】次に、検査対象パターン画像から第2のエ
ッジを検出するため、対応する第2の基準パターンをシ
フト量 $S_1 + S_2$ 分シフトする。シフトした第2の基準パ
ターンを用いて、検査対象パターン画像上でプロファイ
ルを求め、第2のエッジを検出する。そして、第2のエ

ッジとシフトした第2の基準パターンのエッジとを比較することにより、検査対象パターンを検査する。この第2の検査においても、パターン変形量を求めたり、欠陥を検出したりする。パターン変形量の1つとしてシフト量 S_1 が求まる。

【0051】図4は、本実施形態におけるパターン検査装置のハードウェア構成例を示す図である。本実施形態に係るパターン検査装置は、主制御部1、記憶装置2、入出力制御部3、入力装置4、表示装置5、印刷装置6および画像生成装置7を備える。

【0052】主制御部1はCPU等により構成され、装置全体を統括的に制御する。主制御部1には記憶装置2が接続されている。記憶装置2は、ハードディスク、フレキシブルディスク、光ディスク等の形態をとることができる。また、主制御部1には、入出力制御部3を介して、キーボード、マウス等の入力装置4、入力データ、計算結果等を表示するディスプレイ等の表示装置5、および計算結果等を印刷するプリンタ等の印刷装置6が接続されている。

【0053】主制御部1は、OS(Operating System)等の制御プログラム、パターン検査のためのプログラム、および所要データ等を格納するための内部メモリ(内部記憶装置)を有し、これらプログラム等によりパターン検査を実現している。これらのプログラムは、フロッピー(登録商標)ディスク、CD-ROM等に記憶しておき、実行前にメモリ、ハードディスク等に読み込ませて実行されるようにすることができる。

【0054】図5は、本実施形態におけるパターン検査装置の機能ブロック図を示す図である。基準パターン生成部11、検索部12、出力部13および欠陥認識部14はプログラムにより実現されている。基幹データベース21、レシビデータベース22および欠陥種参照データベース23は記憶装置2内に設けられている。

【0055】基幹データベース21を外部に設け、パターン検査装置がLANを経由して基幹データベース21にアクセスするようにしてもよい。

【0056】(レシビ)検査の前に、まずレシビと称される検査パラメータの組を設定する。そのパラメータとしては、検査の対象である検査対象パターンの画像の画像取得時におけるピクセルとピクセルとの間の実パターン上での距離(ピクセル間隔)と、 512×512 や 1024×1024 などのピクセル数がある。これらの値から、一度に処理すべき画像の実パターン上での距離(画像サイズ)を把握することができる。また、エッジ検出のためのパラメータと、欠陥を認識するためのパラメータとを設定する。

【0057】検査対象パターン画像と比較するデータとしては、設計データが使われる。この設計データとして、たとえばGDS形式のCADレイアウトデータに、レイアの融合やフラクチャリングを行ったものが使え

る。本実施形態では、この処理で得られた線分の束を、画像サイズにステージの誤差分およびパターンの最大平行移動量を加えた長さを一辺とする長方形エリアでクリッピングして基準パターンとし、レシビデータベース22に予め格納する。ステージ誤差分がパターンの最大平行移動量に比べ無視し得る場合は、パターン変形の絶対座標値が計測できる。本実施形態では、ステージの誤差分およびパターンの最大平行移動量を考慮し、基準パターンを検査対象パターン画像よりも大きくとって処理しているが、代わりに検査対象パターン画像を基準パターンよりも大きくとって処理するようにしてもよい。

【0058】基準パターンに対して、コーナーに丸みをつける処理を行ってもよい。図7に示すように、通常、設計データは、鋭角をもった多角形(図中点線)である一方、実際に形成される回路パターンはコーナーに丸みがつく。そこで、コーナー部分に円、楕円、直線、もしくは他の方法で記述した曲線を適用し、実際のパターンに近くなるように補正してもよい。

【0059】基準パターンに設計データを使えば、実現したいパターンとの比較検査を行う欠陥検査になる。この場合は、許容パターン変形量として電気特性に影響しない許容量を設定する。この許容パターン変形量は、配線の属性ごとに設定でき、さらに、パターンの込み入っている場所とそうでない場合とで可変にすることも可能である。

【0060】基準パターンにリソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線(図50の実線)を使えば、シミュレーションの正当性を検証しながらの欠陥検査が可能になる。リソシミュレータの出力データは、光学的にシミュレートして得られた光強度分布である。この分布から外形の曲線を得る。この場合の許容パターン変形量は、シミュレーションとして許される誤差を設定する。

【0061】本実施形態においては、基準パターンに設計データを使っている。

【0062】図6は、本実施形態におけるレシビ登録処理の例を示すフローチャートである。まず、オペレータは、入力装置4を介して基準パターン生成部11に、設計データ検索用パラメータ(ここでは、検査対象サンプルの品種、およびプロセスを指定するパラメータ)、検査モード、画像取得パラメータ(検査領域、画像サイズ、ピクセル数、ウェーハを特定するためのスロット番号、および光学系の調整パラメータ)、ならびにエッジ検出および検査のためのパラメータを入力する(ステップS202)。

【0063】エッジ検出および検査のためのパラメータとしては、以下の情報を設定する。

【0064】(R1) 求めたいパターン変形量
(R2) 許容パターン変形量の一側の限界および+側の限界、ならびにエッジの許容方向差の限界

(R3) 画質から経験的に決められるエッジ検出パラメータ

(R4) パターンの属性(コーナー、直線部分、端点、孤立パターン等)を自動的に認識するための抽出ルール

(R5) プロファイル取得区間の長さ、プロファイル取得区間とプロファイル取得区間との間隔、プロファイル取得区間内で輝度値を調べる間隔、およびプロファイルをとる方法(しきい値法を使うかなど)

(R6) プロファイル取得区間を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグ
基準パターン生成部11は、設計データ検索用パラメータ(検査対象サンプルの品種、およびプロセス)をキーとして基幹データベース21を検索し、設計データを取り出す(ステップS204)。基幹データベース21は、検査対象パターン画像に対する設計データ(CADデータ)を格納したデータベースである。

【0065】次に、基準パターン生成部11は、設計データに基づき基準パターンを生成する(ステップS206)。

【0066】検査対象パターン画像から検出されるエッジの位置に最も適したように設計データに対し、シュリンク処理(倍率を変える処理)、サイズ処理(線幅を変える処理)などを施す必要がある場合がある。また、第1のエッジ検出と第2のエッジ検出とは一般的に検出するエッジの位置が異なるので、必要があれば、第1エッジ検出用、および第2エッジ検出用に基準パターンを2種類用意する。

【0067】検査は、入力された検査領域を、画像サイズで分割して得られる検査単位領域ごとに行われるので、基準パターンもそれに合わせて生成する。検査には、逐次検査およびランダム検査がある。

【0068】図8は、逐次検査を説明するための図である。検査領域は通常、長方形の和として決定される。すなわち検査領域は、ウェーハ全面を単位として設定されるのではなく、長方形で指定された複数の領域(図8のように上側の短い長方形と下側の長い長方形など)として設定されるので、その領域を高速検査するために、検査単位領域ごとの逐次走査を実施する。検査単位領域ごとに基準パターンを作成する。

【0069】図9は、ランダム検査を説明するための図である。ランダム検査においては、ある領域を逐次に検査するのではなく、ピンポイントに検査する。図9では、検査単位領域301~304についてのみの検査を行う。

【0070】図10は基準パターンの例を示す図であり、図11は図10の基準パターンをピクセルごとのエッジベクトルに変換した例を示す図である。図10において、基準パターン(点線)はサブピクセル精度で示されている。通常、基準パターンのエッジ方向は、ピクセルの横方向(x方向)または縦方向(y方向)に平行で

ある。基準パターンのエッジも、検査対象パターン画像のエッジと同様に、ピクセルごとに開始点(サブピクセル精度)、方向、および振幅の情報を有する。本実施形態においては、基準パターンのエッジの振幅をすべて1にしている。

【0071】図12に示すように、基準パターンに曲線が含まれる場合がある。曲線を含む基準パターンをエッジベクトルに変換するには、例えば、ピクセルの中心261に最も近い基準パターン上の点262での接線263をエッジベクトルにする方法がある。

【0072】次に、基準パターン生成部11は、基準パターン、検査対象サンプルの品種、プロセス、および検査モード、画像取得パラメータ、ならびにエッジ検出および検査のためのパラメータを、レシピデータベース22に登録する(ステップS208)。これらのデータは、検査用パラメータの組であるレシピと呼ばれ、品種、プロセス、および検査モードをキーにして管理される。

【0073】(検査処理)図13は、本実施形態における検査処理の例を示すフローチャートである。まず、オペレータは、入力装置4を介して検査部12に、レシピ検索用パラメータ(ここでは、品種、プロセスおよび検査モード)を入力する(ステップS302)。

【0074】検査部12は、レシピ検索用パラメータをキーとしてレシピデータベース22を検索し、レシピを取り出す(ステップS304)。そして、検査対象パターン画像(光学画像、電子線画像、フォーカスイオンビーム画像、プローブ顕微鏡画像など)を取得するため、画像生成装置7に対して画像取得パラメータを指示し、スロット搬送、アライメント、および光学系の調整を指示する(ステップS306)。アライメントとは、CADデータが使用している座標系と実ウェーハ観察位置を管理する座標値との変換係数を求める機能をいう。これはCADナビゲーションで具現化されている。CADナビゲーションは、アライメントの後に、CADデータ上の観察したい座標値を実ウェーハの観察位置を管理する座標値に変換し、その位置へ撮像装置の視野を移動させて、その位置の画像を入手する方法で、よく知られているものである。

【0075】画像生成装置7としては、通常使用されているウェーハ欠陥検査装置やCD-SEMもしくは各種顕微鏡を使用することができる。

【0076】画像生成装置7は、検査単位領域ごとに、検査対象パターン画像(およびその中心位置)を検査部12に出力する(ステップS308)。

【0077】(第1のエッジ検出)次に、検査部12は、検査対象パターン画像から第1のエッジ検出を行う(ステップS310)。エッジ検出としては、例えば次の2つの手法がある。

【0078】(A)1つは、パターン内部と下地との間

にコントラストがある場合に適した手法である。このような画像の多くは2値化処理でエッジを検出できるが、コントラストが比較的明瞭でない場合は明確にエッジを検出できない。このときにはたとえば、【文献1】: R. M. Haralick, "Digital step edges from ZERO crossing of second directional derivatives", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-6, No. 1, p. 58-68, 1984に開示の方法を応用するなどしてエッジを求めることができる。この方法によれば、エッジ部分の変曲点をピクセル単位の1/10程度の精度で得ることができる。

【0079】(B) もう1つは、エッジのみが明るく、パターン内部と下地にコントラストがつかない場合に対処可能な手法で、たとえば【文献2】: "Cartan Steger, An unbiased detector of curvilinear structures", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 20(2), February 1998に開示の方法によりエッジを求めるものである。この方法によれば、エッジ部分の峰をピクセル単位の1/10程度の精度で得ることができる。ただし、この手法ではエッジの方向は0~180度の値のみをもつ。すなわちパターンの内部を特定できない。

【0080】パターン内部と下地との間にコントラストがある画像に微分フィルタ(例えば、Sobelフィルタやバンドパスフィルタ)をかけて得られたエッジ振幅画像を使って、上記の方法でエッジを求めてもよい。この場合はパターン内部の判別をつけられ、エッジの方向を特定できる。

【0081】これらの方法はある程度大きな窓を使った処理であるので、ピクセル単位の1/10程度の精度が得られるだけでなく、エッジの方向も安定している。このことは、エッジを連結して直線近似をする必要が必ずしもないことを意味している。

【0082】ステップS310のエッジ検出では、検査対象パターン画像からピクセル単位でエッジの振幅および方向を求める。振幅は、明確なエッジであるほど大きい値を取る。(A)パターン内部と下地との間にコントラストがある画像の場合には、例えば上述の文献1の方法を用いて、画像の1次微分値の絶対値を振幅とし、画像の2次微分値のゼロクロス点をエッジ位置とすることができる。一方、(B)エッジのみが明るい画像の場合には、例えば上述の文献2の方法を用いて、画像の2次微分値の符号反転値(絶対値)を振幅とし、画像の1次微分値のゼロクロス点をエッジ位置とすることができる。いずれの場合もエッジはサブピクセル精度で得られる。(A)の画像の場合は、0度から360度までの方向を定義できるが、(B)の画像の場合は、0度から180度までの方向のみ定義可能である。これは(B)の画像では、パターンの内部を局所情報から特定できないことが原因である。

【0083】図14は(A)パターン内部と下地との間

にコントラストがある画像(検査対象パターン画像)の例を示す図であり、図15は図14の画像から検出したエッジを示す図である。図14には、ピクセルごとにその輝度値が示されている。図15に示すように、エッジはピクセルごとに検出され、ピクセルごとに開始点(サブピクセル精度)、方向(0~360度)、および振幅の情報が得られる。振幅は、上述のように、明確なエッジであるほど大きい値を取る。

【0084】図16は(B)エッジのみが明るい画像(検査対象パターン画像)の例を示す図であり、図17は図7の3Aの画像から検出したエッジを示す図である。図16においても、ピクセルごとにその輝度値が示されている。また、図17に示すように、エッジはピクセルごとに検出され、ピクセルごとに開始点(サブピクセル精度)、方向(0~180度)、および振幅の情報が得られる。

【0085】(マッチング)次に、検査部12は、検査対象パターン画像のエッジを膨張させて、膨張エッジを求める(ステップS312)。本実施形態においては、電気特性的に許される許容パターン変形量分膨張させている。この段階では許容パターン変形量は正の整数である。この値は、(R2)許容パターン変形量の一侧の限界および+側の限界の絶対値の大きい方を整数化した値である。許容パターン変形量分膨張させることにより、電気的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングすることができる。

【0086】図18は1次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図であり、図19は図18のエッジを膨張させた例を示す図である。図18および図19では、説明を簡単にするために、1次元で各ピクセルの持つエッジ振幅がスカラ値を持つ場合の例を示している。許容パターン変形量内の変形を同等に扱う場合は、許容パターン変形量の2倍の大きさの窓を持った最大値フィルタをかける。最大値フィルタとは、対象となるピクセルの近傍である窓の中の各ピクセルが持つ値の最大値を求め、その値をフィルタ後のピクセルの値とするものである。図19では、図18のエッジを左右に2ピクセル分膨張させている。これは許容パターン変形量が2ピクセルの場合の例である。

【0087】これに対して、基準パターンエッジが図20のようであったとする。図19および図20からマッチングの評価値(度合い)を求めると、現在の位置であっても、検査対象パターン画像が左右に1ピクセルまたは2ピクセルずれていたとしても、マッチングの評価値は同じになる。

【0088】これを回避するには、図21に示すように、重み付けをして膨張すればよい。これは許容パターン変形量が小さければ小さいほどよいことを意味している。図21の膨張を実現するには、0.5、0.75、1.0、0.0.75、0.5のスムージングフィルタを用

いれればよい。図21の場合、検査対象パターン画像が左右に1ピクセルでもずれると評価値が下がる。

【0089】ここで、図22に示すように、基準パターンのエッジが2ピクセル分広がったとする。図21および図22から評価値を求めると、現在の位置であっても、検査対象パターン画像が左右に1ピクセルずれていても、同じ評価値となる。

【0090】これを回避するには、図23に示すように重み付けをして膨張すればよい。図23の膨張を実現するには、0.5、0.9、1.0、0.9、0.5のスムージングフィルタ(図24)を用いれればよい。スムージングフィルタの係数は実験的に求められるべきものである。

【0091】以上のことから、図23に示すような膨張が望ましいが、処理速度やエッジの込み具合などの観点から図19や図21に示すような膨張を用いることもできる。

【0092】図25は2次元の検査対象パターン画像のエッジの振幅の例を示す図であり、図26および図27は図25のエッジを膨張させた例を示す図である。図25において、振幅値は、20のところ以外はすべて0である。図26は図19と同様の膨張を行った場合の結果を示し、図27は図23と同様の膨張を行った場合の結果を示す。

【0093】図28は2次元の検査対象パターン画像のエッジベクトルの例を示す図であり、図29および図30は図28のエッジベクトルを膨張させた例を示す図である。図29は図19と同様の膨張を行った場合の結果を示し、図30は図23と同様の膨張を行った場合の結果を示す。膨張はx、y成分ごとに行っている。

【0094】検査部12は、膨張エッジ(検査対象パターン画像のエッジを膨張させたエッジ)と基準パターンのエッジとを比較して、検査対象パターン画像と基準パターンとのピクセル単位でのマッチングを行う(ステップS314)。

【0095】本実施形態においては、後で述べるように、サブピクセル精度でのマッチングを行うので、ここでは高速化を目的としてピクセル単位でのマッチングを行う。したがって、図31は図11をピクセル単位で表記したものである。

【0096】本実施形態におけるマッチングでは、検査対象パターン画像に対して基準パターンをピクセル単位で上下左右にシフトして、評価値 F_0 が最大になる位置をマッチング位置とする(図32)。本実施形態においては、以下のように、基準パターンのエッジが存在するピクセルにおける膨張エッジの振幅の総和を評価値 F_0 としている。

【0097】

【数1】

$$F_0(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} |E(x, y)| R(x+xs, y+ys)$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

【0098】ここで、 $E(x, y)$ は、膨張エッジの振幅をその大きさとして持ち、膨張エッジの方向をその方向として持つエッジベクトルである。エッジの存在しない場所では $E(x, y)$ の大きさは0である。 $R(x+xs, y+ys)$ は、基準パターンのエッジ方向をその方向として持つエッジベクトルである。ただし、 $R(x+xs, y+ys)$ の大きさは、エッジの存在する場所で1であり、エッジの存在しない場所で0である。ここで、 (xs, ys) は基準パターンのエッジのシフト量 S_1 である。

【0099】 F_0 の計算において $R(x, y)$ が0でないピクセルのみを記憶すれば、高速に計算が行え、記憶領域が少なくすむ。ピクセル振幅値総和を評価関数として残差逐次検定法(SSDA: Sequential Similarity Detection Algorithm)で使われている高速計算の打切りを用いれれば計算がさらに高速化される。

【0100】図33および図34は、図29と図31とを重ね合わせた図である。図33において、ピクセル254は、図29のピクセル251および図31のピクセル252に対応する。図34においては、図33の状態から検査対象パターン画像を右に1ピクセル、下に1ピクセルシフトさせて重ね合わせを行っている。したがって、ピクセル255は、図29のピクセル251および図31のピクセル253に対応する。評価値 F_0 を用いる場合には、エッジの存在するピクセルが重なり合う度合いが大きいくほど、評価値が高くなる。評価値 F_0 を用いる場合には、図25～図27で示したような膨張処理を行えばよい。なお、評価値 F_0 は、(A)、(B)いずれの画像にも適応可能である。

【0101】本実施形態においては、上記評価値 F_0 を用いているが、他の評価値を用いることもできる。例えば、(A)パターン内部と下地との間にコントラストがある画像の場合には、以下の評価値 F_1 を用いることが考えられる。

【0102】

【数2】

$$F_1(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} E(x, y) \cdot R(x+xs, y+ys)$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

【0103】また、例えば、(B)エッジのみが明るい画像の場合には、以下の評価値 F_2 を用いることが考えられる。

【0104】

【数3】

$$F_b(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ra}}^{X_{Rb}} \sum_{y=Y_{Ra}}^{Y_{Rb}} |E(x, y) \cdot R(x+xs, y+ys)|$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

【0105】評価値 F_s または F_b を用いる場合には、図28～図30で示したような膨張処理を行えばよい。ただし、図29に示すような膨張を行う場合は、正の値の最大値および負の値の最大値の双方について膨張を行い、内積の計算でより大きな値をとるものを選択する。

【0106】評価値 F_s と評価値 F_s および F_b とを比較した場合、評価値 F_s はデータがスカラのため高速処理に向く。一方、評価値 F_s および F_b は、例えば、図35に示すような場合に有効である。すなわち、評価値 F_s および F_b を用いた場合には、基準パターン（図35(a)）の縦線部分のエッジベクトルと検査対象パターン画像（図35(b)）の横線部分のエッジベクトルとの内積をとると0に近くなるため、101の部分と102の部分とがうまくマッチングする。しかし、評価値 F_s を用いた場合には、方向は関係なく振幅のみで判断するため、101の部分と103の部分とがマッチングしてしまうおそれがある。

【0107】次に、評価値 F_s と F_b とを比較した場合、例えば、図36に示すように、配線111、113の間隔と下地112、114の間隔が同じ場合に F_s を用いると、どちらがラインかの区別がつくので F_b より望ましい結果が得られる。

【0108】本実施形態においては、検査対象パターン画像のエッジを膨張してマッチングを行っているが、代わりに基準パターンエッジを膨張してマッチングを行うこともできる。

【0109】また、基準パターンエッジの位置によって重み付けを変えて行うようにすることができる。これは以下の手順で行われる。

【0110】図37において、(a)は基準パターンの例を示し、(b)は(a)の基準パターン（実線）および検査対象パターン画像（点線）の例を示す。図37(a)に示す基準パターンは周期的なパターンであるが、1ヶ所隙間がある。このような基準パターンと検査対象パターン画像とのマッチングを行う際に、図37(b)に示すように、両パターンがずれていても、隙間の部分以外は一致するので、マッチングの評価値は高くなってしまふ。そこで、この隙間の部分の重み付けを大きくして、検査対象パターン画像の隙間と基準パターンの隙間とが一致しない場合にはマッチング評価値が大きく低下するようにすることが考えられる。

【0111】重み付けの手順としては、まず自己相関法

でパターンの周期を求める。次に、もとのパターンと一周期ずらしたパターンを比較してもとのパターンにあって1周期ずらしたパターンにないものを求める。そして、求めたパターンをユニークパターンとして認識し、それ以外のパターンよりマッチングに寄与する度合い（重み付け）を強くする。寄与する度合いを表現するために基準パターンの振幅に経験値（1以上）を使う。この値は固定値もしくは、固定値÷全パターン中のユニークパターンの比率などが有効である。

【0112】マッチングを行い、最大の評価値をとるシフト量 $S_1 = (xs, ys)$ が求まったら、 S_1 の分だけ基準パターンをシフトさせる。以後の処理は、このシフトを行った状態で行う。

【0113】シフト量 S_1 は検査結果として、表示装置5および印刷装置6に出力することができる。

【0114】マッチングが終わった後、検査対象パターン画像の2値化を行う。2値化は、エッジ振幅について、レシビ内のエッジ検出パラメータの一つ（しきい値）で有無の判断を付けることにより行う。2値化の方法としては、基準パターンエッジに相当するピクセル数×p（通常0.9～1.1程度）が1になるように、検査対象パターン画像のエッジ画像を2値化する方法（pタイル法）もある。（R3）のパラメータとして、上述のしきい値またはpを設定すればよい。

【0115】（第1の検査）次に、検査部12は、第1の検査を行う。具体的には、パターン変形量の計算、および欠陥検出を行う。

【0116】検査部12は、まず、検査対象パターン画像のエッジと基準パターンエッジとの対応づけを行う（ステップS318）。

【0117】エッジの位置は、サブピクセル精度で扱われる。したがって、エッジ間の距離もサブピクセル精度で得られる。方向については、たとえば右方向を0度として0～360度の値として決定される。

【0118】基準パターンの各エッジピクセルについて、（R2）に相当する許容パターン変形量の距離内にある検査対象パターン画像のエッジピクセルを探す。そして、検出されたエッジの中で基準パターンエッジとの方向差が（R2）のエッジの許容方向差以下のものを、許容変形内エッジとして対応づける。すなわち、本実施形態においては、マッチングを行った検査対象パターン画像のエッジと基準パターンエッジとの距離、および両エッジの方向を考慮して対応づけを行っている。対応づけた両エッジ間のベクトル $d(x, y)$ は、パターン変形量を求めるのに用いることができる。

【0119】なお、対応づけの候補が複数存在する場合は、距離が小さく、方向差が小さい候補を優先して対応づける。

【0120】図38は、検査対象パターン画像のエッジと基準パターンエッジとの対応づけの例を示す図であ

る。図38においては、方向を示すために、エッジを矢印で示している。図38の例では、基準パターンのエッジを含む各ピクセルにおいて、基準パターンエッジの中心から、エッジ方向と垂直な方向に検査対象パターン画像のエッジを探していくことにより、対応づけを行っている。距離が許容パターン変形量内であり、かつ、方向の差がエッジの許容方向差以下である検査対象パターン画像のエッジが見つければ、両エッジを対応づける。図38においては、対応づけた両エッジ間のベクトル $d(x, y)$ が参考のため示されている。

【0121】図39において、(a)は基準パターンエッジの例を示し、(b)は(a)の基準パターンに対応する検査対象パターン画像のエッジの例を示す。図39を用いて、両エッジの対応づけの例を説明する。この例では、許容パターン変形量は1ピクセル分とする。また、エッジの許容方向差は60度とする。例えば、基準パターンエッジ81に対応する検査対象パターン画像のエッジを探したところ、エッジ68がエッジ81の許容パターン変形量の距離内にあり、かつ、方向の差がエッジの許容方向差以下であることから、エッジ81に対応するエッジと認定される。基準パターンエッジ84についても、対応する検査対象パターン画像のエッジとしてエッジ70が認定される。このとき、基準パターンエッジ82について、エッジ61は許容パターン変形量の距離内にない。エッジ64は、許容パターン変形量の距離内になく、方向差もエッジの許容方向差より大きい。エッジ66および69は、許容パターン変形量の距離内にはあるが、方向差がエッジの許容方向差より大きい。したがって、エッジ82に対応するエッジは見つからない。エッジ83についても同様に見つからない。

【0122】なお、図39の例はパターン内側か外側かを区別しない方法で、方向が0~180度の値のみをもつ場合であるが、パターン内外を区別する手法とすることも可能である。たとえば、エッジ方向はパターン内側を必ず右手におくように決定しておけば、図39(a)は図40のようになり、対応づけをより厳密に実行することができる。

【0123】次に、検査部12は、欠陥検出を行う(ステップS320)。欠陥が検出された場合には、欠陥情報(ここでは、欠陥位置、サイズ情報および画像)を欠陥種認識部14に出力する。(ステップS322、324)。

【0124】欠陥種認識部14は、欠陥情報および欠陥種参照データベース23の情報に基づいて欠陥種を判定する(ステップS326)すなわち、与えられた画像から特徴量を求めて、欠陥種参照画像データベースに蓄積された画像の特徴量と照合し、欠陥種を判定する。欠陥種認識部14は、欠陥情報および欠陥種を出力部13を介して表示装置5および印刷装置6に出力する(ステップS328)。ここで、欠陥種参照データベース23

は、既に取得された画像を欠陥種ごとに登録したものである。

【0125】欠陥領域を認識する手法としては、対応づけできなかった検査対象パターン画像のエッジから領域を認識し、これを欠陥領域として認識する手法(認識手法A)が考えられる。これは、明確なエッジをもった欠陥検出に有効である。ただし、エッジの不明瞭な欠陥検出に対しては弱いので、このような場合には、対応づけられた検査対象パターン画像のエッジから領域を認識し、その領域におけるピクセル輝度値の分布が非一様である部分を欠陥領域として認識する手法(認識手法B)が適している。すなわち、輝度値分布の異常から欠陥を認識するものである。

【0126】認識手法Aでは、対応づけができなかった検査対象パターン画像のエッジ(例えば、図39(a)のエッジ61~67、69および75)のピクセルは、欠陥として認識される。検査部12は、これらのピクセルを膨張させ、ピクセルどうしを連結する。このようなビットマップ(2値化画像)を膨張させる処理としてモフォロジーと呼ばれる処理が知られている。次に、ラベリング処理で連結されたピクセルを固まり1領域としてそれぞれ認識する。ここで、ラベリング処理とは、4近傍もしくは8近傍で連結しているピクセルに同一の値を書き込み、連結ピクセル群を生成する方法である。連結していないピクセルには別の値を与えることで、連結ピクセル群を区別できる。この固まりの領域として分離できた単位で異物とし、その外形を認識する。外形から内側のピクセルをペイント処理で塗りつぶす。これらのピクセルを欠陥として、欠陥の重心、大きさを計算する。

【0127】認識手法Bでは、対応づけが行われた検査対象パターン画像のエッジを連結して領域とする。その内外領域でそれぞれ、境界(エッジ)を除いた部分をピクセルの固まりとして求める。そのピクセルの固まりの内外領域について、最初に得られた検査対象パターン画像からピクセル輝度値を求める。これらの値は欠陥が無ければ正規分布をなすことが期待できる。すなわち、品質管理的手法を応用して欠陥ピクセルを検出することが可能である。正常な場合は、内領域と外領域のそれぞれにおいて輝度の変動が少ないはずである。よって、検査対象パターン画像における上記領域のうち、輝度の分布が非一様である領域を検出し、該領域を欠陥領域として認識することができる。得られた欠陥ピクセルを固まりとして認識し、重心、大きさを計算する。

【0128】図41は、検査対象パターン画像の例を示す図である。破線201は検査対象パターン画像のエッジを示す。破線201の両サイドの実線202、203は、エッジを指定幅太らせた線分であり、実線202、203で囲まれた部分をエッジ領域と認識する。下地204とパターン内部205の輝度値は、おおよそ正規分布をなす。

21

【0129】図42に示すように、 $\pm 3\sigma$ 程度を越した部分Dは異物である可能性が高い。Dにはノイズも含まれるが、ノイズは領域内に比較的均一に存在する一方、異物は固まって存在する。Dの輝度値を持つピクセルを1、それ以外の輝度値を持つピクセルを0とした2値化マップを作成する。指定された大きさ（例えば 2×2 ピクセル）以下の1を持ったピクセルの固まり（例えば、図41のピクセルの固まり207）を消去する。メディアンフィルタやモフォロジーフィルタが利用できる。この大きさは検出したい異物の大きさを考慮した経験値

である。残った1を持ったピクセルの固まり（例えば、図41のピクセルの固まり206）を異物とみなす。

【0130】欠陥種認識部14は、以下のように欠陥種自動分類を行うことができる。すなわち、欠陥と認識されたピクセルの固まりの幾何学的特徴量を得る。これにより、まるい、細長いなど欠陥の形状的特徴を把握することができ、まるければ異物、細長ければスクラッチなどと判断をつけることができる。欠陥と認識されたピクセルをパターンの内側、外側、境界の3部分に区分する。これらの各部分ごとに、最初に得られた検査対象パターン画像のピクセル輝度値を使った特徴量を得る。ここで得られる特徴量により、たとえば幾何学的特徴量から異物と判断される場合に、その異物が金属片であるか有機物（たとえば人間のあか）であるかなどの判断をつけることができる。すなわち、異物が金属であれば反射が強いので明るく、有機物であれば暗いということで種類を判別することができる。また、パターンの内部にあって異物と認識されたピクセルの輝度の変動が大きい場合は、当該異物がパターンの上に存在している可能性が高いと判断され、逆に、輝度の変動が小さい場合は、当該異物がパターンの下に存在している可能性が高いと判断される。これは、従来のダイ・ツー・ダイ法では困難な処理である。これらの特徴量を使い、良く知られた分類法で欠陥種を判定する。その分類法としては、欠陥種参照画像データベースとの比較をk最短距離法で行って判別する手法が有効である。

【0131】このような欠陥種自動分類は、従来行われている光学方式、SEM方式のADC（Automatic Defect Classification）に準じた方法であるが、設計データを使う本発明の方法によれば、パターンの内部と外部の区別が明確につくので、各部分の特徴量が正確にとらえられ、分類精度が向上する。

【0132】次に、検査部12は、対応づけを行った検査対象パターン画像のエッジと基準パターンエッジとの関係からパターン変形量を求める（ステップS330）。パターン変形量は、欠陥検出の結果、欠陥が検出されなかった部分について求める。そして、パターン変形量を出力部13を介して表示装置5および印刷装置6に出力する（ステップS332）。

【0133】パターン変形量としては、画像全体から得

22

られるパターン変形量と、パターンの属性ごとに得られるパターン変形量とが考えられる。

【0134】画像全体から得られるパターン変形量としては、例えば、位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量が考えられる。

【0135】位置ずれ量は、対応づけられたエッジ間のベクトル $d(x, y)$ の平均値として求められる。これは $S_s = (x_s, y_s)$ のサブピクセル精度でのシフト量（補正量） S_s となる。このシフト量 S_s に基づいてピクセル単位でのマッチングでシフトさせた基準パターンを補正量分シフトさせることにより、サブピクセル精度でのマッチングを行うことができる。

【0136】x方向の倍率変動量を求めるには、縦方向の基準パターンに関するベクトル $d(x, y)$ のx成分を回帰直線 $D(x)$ で近似して回帰直線を求める。そして、回帰直線の勾配をx方向の倍率変動量とする。y方向の倍率変動量についても同様である。

【0137】図43において、(a)は基準パターンのエッジ（破線）、および検査対象パターン画像のエッジ（実線）の例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ のx成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す。ベクトル $d(x, y_0)$ のx成分を回帰直線 $D(x) = ax + b$ で近似すると、傾き a が倍率変動量に相当する。図43(a)の例では、検査対象パターン画像のパターンが基準パターンよりも全体に大きいことがわかる。

【0138】図44において、(a)は基準パターンのエッジ（破線）、および検査対象パターン画像のエッジ（実線）の別の例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y = y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ のx成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す。図44(a)の例では、検査対象パターン画像のパターンが基準パターンよりも全体に大きいことに加えて、線（ライン）の幅が太っている。図44(a)において、基準パターンのライン（配線）121、122、123は、それぞれ検査対象パターン画像のパターンのライン124、125、126に対応する。

【0139】x方向の線幅の太り量は、例えば、 $\text{sign}(x, y_0) \cdot \{d(x, y_0) \text{ の } x \text{ 成分} - D(x)\}$ の平均値として求めることができる。ここで、 $\text{sign}(x, y_0)$ は、 (x, y_0) の位置がラインの左端であれば-1をとり、ラインの右端であれば1をとる。なお、線幅の太り量に関して、 $\text{sign}(x, y_0) \cdot \{d(x, y_0) \text{ の } x \text{ 成分} - D(x)\}$ の分散を求めれば、線幅のばらつき指標が得られる。

【0140】次に、パターンの属性ごとに得られるパターン変形量について説明する。パターンの属性としては、コーナー171、長い配線172、先端173、孤立パターン174などが考えられる（図45）。パターンの属性に関するパターン変形量としては、例えば、上

50

述の位置ずれ量、倍率変動量、および線幅の太り量のほか、面積、周囲長、円形度、モーメント、曲率半径などの特徴量の変形量が考えられる。

【0141】基準パターンにパターンの属性を自動的に付加することができる。ただし、属性の付加は手動によって行うこともできる。パターンの属性を付加（抽出）するためのルールは、(R4)としてレシピ作成時に設定する。

【0142】図46は、先端の位置ずれ量を示す図である。先端の位置ずれ量は、図46(a)に示すように、基準パターンのエッジ164から、検査対象パターン画像のエッジ163までの距離（基準パターンのエッジに対し垂直方向）である。先端の位置ずれ量として、例えば、検査対象パターン画像のエッジ163において基準パターンのエッジ164に最も近い点と、基準パターンのエッジ164との距離を測定することができる。

【0143】また、図46(b)に示すように、任意の幅をもった区間157について複数測定した距離の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差などを、先端の位置ずれ量としてもよい。

【0144】図46では、先端の位置ずれ量について説明したが、長い配線、コーナー、属性と属性の結合部分などについても、同様に位置ずれ量を測定できる。また、例えばコーナーは、コーナーの成す角度の半分の角度もしくは指定した角度を持つ方向での位置ずれ量を測定することができる。

【0145】図47は、孤立パターンの重心の位置ずれ量を示す図である。重心の位置ずれ量は、（孤立パターンを構成する）基準パターンのエッジ160の重心162と、（孤立パターンを構成する）検査対象パターン画像のエッジ159の重心161との位置ずれ量である。

【0146】また、図47において、孤立パターンの特徴量（面積、周囲長、円形度、モーメントなど）の変形量を測定することが考えられる。すなわち、基準パターンのエッジ160の特徴量と、検査対象パターン画像のエッジ159の特徴量との差異を測定することが考えられる。

【0147】図48において、(a)は基準パターンのエッジのコーナーの例を示し、(b)は検査対象パターン画像のエッジのコーナーの例を示す。図48(a)に示す基準パターンのエッジ166のコーナーには丸みをつける処理がなされている。コーナーの曲率半径としては、例えば、コーナーの曲線を楕円もしくは円で最小自乗近似して得られた長径、短径もしくは半径を用いることができる。基準パターンのエッジ166のコーナーの曲率半径、および検査対象パターン画像のエッジ165のコーナーの曲率半径を求めることにより、コーナーの曲率半径の変形量を求めることができる。

【0148】以上の検査は、一カ所ずつそれぞれ行うのではなく、1撮像範囲内（視野内）の複数の箇所に対し

同時（一度の撮像で）に適応することも可能である。

【0149】検査項目は、上述のレシピ項目の(R1)求めたいパターン変形量に従い選択される。

【0150】パターンの属性の抽出ルール（上述の(R4)）は各種あるが、その例を図45に従い説明する。コーナーは、所定角度（90度や270度など）で接触する2線分の接点近傍として抽出される。長い配線は、線幅分の間隔離れていて、指定された長さ以上長さを持った並行した2線分として抽出される。先端は、線幅の長さをもつ線分で、その両端に所定長さ以上の他の線分が90度の角度をもって接している部分として抽出される。孤立パターンは、所定面積以下の閉図形として抽出される。

【0151】（第2のエッジ検出）検査部12は、欠陥検出の結果、欠陥が検出されなかった部分について、検査対象パターン画像から再度エッジを検出する（ステップS334）。

【0152】検査対象パターン画像のエッジ検出は、検査対象パターン画像上に、第2の基準パターンに基づいてプロファイルを求めることにより行う。ここで、第2の基準パターンとしては、図53の点Qの位置をエッジと考えた場合の基準パターンを用いる。これに対し、第1の基準パターンとしては、例えば、上述の(B)エッジのみが明るい画像の場合、点Pの位置をエッジと考えた場合の基準パターンが用いられる。したがって、第2の基準パターンと第1の基準パターンは一般に異なる。

【0153】検査対象パターン画像のエッジ検出を行う前に、上述のシフト量 $S_1 + S_2$ の分だけ第2の基準パターンをシフトさせる。以後の処理は、このシフトを行った状態で行う。

【0154】プロファイルからエッジ位置を求めるには、しきい値法、直線近似法など各種開示されているが、本実施形態では、その中のしきい値法を用いて、CD-SEMで行っている線幅測長を2次元パターン（検査対象パターン画像）に応用している。ただし、しきい値法を、直線近似法など別の方法に置き換えても同様に処理が可能である。ここで、直線近似法とは、プロファイルを直線で近似し、交点を使ってエッジ位置を特定する方法である。

【0155】エッジ検出には、2通りのやり方が考えられる。その1つは、プロファイルを取る方向および位置を、第2の基準パターンに対して予め設定する方法である。

【0156】本実施形態において、プロファイル取得区間を予め設定しておく場合には、上述のように、レシピ作成時に行う。この場合、上述のレシピ項目の(R6)プロファイル取得区間を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグがオフとしてあり、プロファイル取得区間が、第2の基準パターンに対して予め設定されていることになる。

【0157】プロファイルを取得する区間（プロファイル取得区間）は、(R5)のプロファイル取得区間の長さ、およびプロファイル取得区間とプロファイル取得区間との間隔に基づいて、例えば、図49に示すように、第2の基準パターンを中点として、第2の基準パターンの垂直方向に設定される（図中二重線）。図49に示す第2の基準パターンは、すでに図7を用いて説明したように、コーナー部分に丸みをつける補正がなされている。また、上述の第2の基準パターンの代わりに、図50に示すように、リソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線（図中実線）を使用することも可能である。

【0158】第2のエッジ検出処理としては、検査対象パターン画像における上述のプロファイル区間に対応する位置（区間）において、(R5)のプロファイル取得区間で輝度値を調べる間隔に基づいて、プロファイルを作成する。その間隔は通常ピクセル間隔以下の任意の値とし、プロファイル区間の長さはパターンの変形許容量より長い任意の長さとする。プロファイルは、双一次補間、スプライン補間、フーリエ級数などの手法を用いて作成する。

【0159】図51は図49の一部（Bの部分）を拡大した図であり、図52は図51の一部（Cの部分）を拡大した図である。図中の二重線がプロファイル取得区間であり、格子の交点はピクセルの位置、黒点は検査対象パターン画像の輝度値を調べる位置を示す。

【0160】双一次補間法とは、図示のように（0, 0）（0, 1）（1, 0）（1, 1）で示されたピクセルの輝度値 $I(0, 0)$ 、 $I(0, 1)$ 、 $I(1, 0)$ 、 $I(1, 1)$ を使って、位置 (x, y) 、 $(0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1)$ にある点の輝度値 $I(x, y)$ を次の計算式で計算するものである。

【0161】

$$\text{【数4】 } I(x, y) = \{I(0, 0)(1-x) + I(1, 0)x\}(1-y) + \{I(0, 1)(1-x) + I(1, 1)x\}y$$

【0162】これにより得られたプロファイルから、しきい値法を適用して第2のエッジ位置を決定する。図53に示すように、得られたプロファイルの中の最大輝度値 V とその位置 P を求める。その最大輝度値 V に予め指定された係数 k をかけた数値をしきい値 T とし、輝度値 = しきい値 T の直線とプロファイル曲線との交点を求める。これらの交点で、点 P からパターンの外側方向にあり、最も点 P に近い交点 Q を求める。すべてのプロファイルについて、この交点 Q を求め、第2のエッジ位置とする。

【0163】係数 k は第2のエッジ位置を決定する役割を果たす。すなわち、ウェーハに形成された実際の配線の断面形状は台形状をなすので、そのエッジ位置の管理を台形の上辺で行うのか、下辺で行うのか、あるいは中

間部で行うのか、係数 k により調整することができる。

【0164】上述のエッジを求めたら、それらに基づいて曲線近似（多角形近似を含む）を行い、第2のエッジを求める。最も単純な方法は単に折れ線としてつなぐ方法であるが、最小自乗法を用いて滑らかにつなぐ方法として、例えば以下の方法を用いることができる。すなわち、図54(a)に示すような、T. Pavlidis and S. L. Horowitz: "Segmentation of plane curves", IEEE Trans. on Computers, vol. C-23, no.8 Aug., 1974で開示された分割融合法を用いることができる。これ以外にも、図54(b)に示すような最小自乗法と2次元スプライン関数を使った平面データの平滑化による曲線近似を用いることもできる。前者は、高速に処理できるが丸まった形状を多く含むものには柔軟性がない。一方、後者は、高速性を満たし且つ柔軟性をもつ特性がある。これら以外にも、フーリエ記述子による方法など各種の方法が開示されており、これらでも置き換え可能である。

【0165】以上のような曲線近似は、第1のエッジ検出を行った後にも行うようにすることができる。

【0166】次に、これとは異なるもう1つのやり方として、プロファイル取得区間を可変にしてエッジ検出時に決定する方法がある。すなわち、図55(a)に示すように、検出された検査対象パターン画像の第1のエッジの垂直方向にプロファイル取得区間を設定する方法である。この方法によれば、図55(b)に示すように、検査対象パターン画像の第1のエッジ（実線）が第2の基準パターン（点線）からずれていたとしても、プロファイル取得区間を特定し、エッジを検出することができる。この方法は、上述の方法に比べ、パターンの変形に追従しやすい。プロファイル取得区間の設定後は、上述の方法と同様の処理を行う。

【0167】第2のエッジ検出の結果は、表示装置5および印刷装置6に出力することができる。

【0168】検出された第2のエッジは、例えば図12を用いて説明した方法を用いて、ピクセルごとのエッジベクトルにすることができる。このエッジベクトルは第1の検査の前で得た2値化処理で得たエッジベクトルに相当する。

【0169】（第2の検査）以上のような第2のエッジ検出の後、検査部12は、第2の検査を行う（ステップS336）。

【0170】この検査は、上述の第1の検査と同じ処理であり、欠陥検出を行い、パターン変形量を求める。ここで求められる画像全体に関する位置ずれ量（シフト量） S_1 は、上述の S_2 に対応する。ここで求めた S_1 に、上述の S_2 および S_3 を加えたものが、第2の基準パターンと検査対象パターン画像のパターンとの間の全シフト量となる。

【0171】検査結果は、出力部13を介して表示装置5および印刷装置6に出力される（ステップS33

8)。

【0172】以上の処理をすべての検査単位領域について行った場合には検査処理を終了し、そうでない場合にはステップS308に戻る(ステップS340)。

【0173】(その他の検査)低倍画像の一部分を電磁的に高倍画像で観察できる機能をもったSEMの場合は、高倍画像では入りきらないパターンも測定可能である。すなわち、高倍画像で得たエッジ位置が低倍画像で得たエッジ位置に正確に変換できることを意味する。これと同じ関係を高精度ステージで実現してもよい。例えば、図56において、検査対象パターン画像のパターン181上の位置182、183を、それぞれ高倍画像184、185で求めた後、低倍画像187上の位置に変換して、検査対象パターン画像のパターン181の幅186を求めれば、低倍画像187のみで求めたときよりも、精度よく測長できる。

【0174】(傾斜、倍率調整)以上の検査方法においては、パターン変形量の手法を利用して必要に応じ、検査前に、もしくは、検査中の適当な時点で、検査対象パターン画像の傾斜、倍率調整を行うことができる。すなわち、調整に適した部分の検査対象パターン画像と基準パターンを取得する。アフィン変換で、候補となり得る傾斜、倍率の変更を行いたいいくつかの検査対象パターン画像を得る。得られた検査対象パターン画像と基準パターンとを比較して最もパターン変形量が小さい検査対象パターン画像を選ぶ。選んだ検査対象パターン画像に対する傾斜、倍率を補正量として登録する。検査対象パターン画像にアフィン変換をかけるのではなく、基準パターンにアフィン変換をかける方法にかえてもよい。

【0175】なお、アフィン変換とはaからfの係数を使った1次変換を意味する。

【0176】

【数5】 $X = ax + by + c$

$Y = dx + ey + f$

【0177】上記本発明の検査方法により得られるパターンの変形量、欠陥領域の位置、サイズ、欠陥種、加えてパターン変形量の統計量や画像などの情報を利用すれば、欠陥領域の回路への影響度の解析、前後工程での回路への影響度の解析、露光条件などの最適化パラメータの解析を可能にすることができる。

【0178】本実施形態に係るパターン検査装置は、シフト量を出力する部分に注目すれば、パターンマッチングを行う装置とも考えられる。

【0179】以上、本発明の一例を説明したが、他にも各種の変形が可能である。たとえば、取得済みの画像データを磁気光学ディスクや磁気テープなどの外部入力デバイスを通じて、またはイーサネットなどのLANを経由した、オフライン入力処理式に変形することは容易である。また、本発明の方法でウェーハ中の代表的なダイを検査したのち、他のダイはダイ・ツー・ダイ比較に

より検査するような混成手法とすることも可能である。またさらに、画像生成法は他の方法でもよいし、設計データはCADに限らず他のものでもよい。本実施形態においては、検査結果等を表示装置5および印刷装置6に出力しているが、画像データベース、シミュレータ、記録媒体などに出力するようにしてもよいし、ネットワークを介して他のコンピュータに送信(出力)するようにしてもよい。

【0180】

10 【発明の効果】以上説明したように本発明よれば、検査対象パターン画像と基準パターンとの比較検査を実時間で行うことができる。

【0181】また、電氣的に許容される範囲内での形状差を許容してマッチングを行うことができる。

【0182】また、安定した欠陥検出を行うことができる。

【0183】さらに、これまで目視で行われていた2次元パターン(検査対象パターン画像)の測定が定量的に高速に自動実施可能となる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】設計データに基づく理論上のパターンの例を示す図である。

【図2】設計データに基づいて実際に製造されたパターンの例を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係るパターン検査装置が行う検査処理の概要を示す図である。

【図4】本発明の実施形態におけるパターン検査装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図5】本発明の実施形態におけるパターン検査装置の機能ブロック図を示す図である。

【図6】本発明の実施形態におけるレシピ登録処理の例を示すフローチャートである。

【図7】基準パターンの補正例を示す図である。

【図8】逐次検査を説明するための図である。

【図9】ランダム検査を説明するための図である。

【図10】基準パターンの例を示す図である。

【図11】図10の基準パターンをピクセルごとのエッジベクトルに変換した例を示す図である。

【図12】曲線を含む基準パターンをエッジベクトルに変換した例を示す図である。

40 【図13】本発明の実施形態における検査処理の例を示すフローチャートである。

【図14】パターン内部と下地にコントラストが付く画像(検査対象パターン画像)の例を示す図である。

【図15】図14の画像から検出したエッジを示す図である。

【図16】輪郭のみが明るい画像(検査対象パターン画像)の例を示す図である。

【図17】図16の画像から検出したエッジを示す図である。

【図18】1次元の検査対象パターン画像のエッジ振幅の例を示す図である。

【図19】図18のエッジを膨張させた例を示す図である。

【図20】1次元の基準パターンエッジの振幅の例を示す図である。

【図21】図18のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

【図22】1次元の基準パターンエッジの振幅の別の例を示す図である。

【図23】図18のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

【図24】スムージングフィルタの例を示す図である。

【図25】2次元の検査対象パターン画像のエッジの振幅の例を示す図である。

【図26】図25のエッジを膨張させた例を示す図である。

【図27】図25のエッジを膨張させた別の例を示す図である。

【図28】2次元の検査対象パターン画像のエッジベクトルの例を示す図である。

【図29】図28のエッジベクトルを膨張させた例を示す図である。

【図30】図28のエッジベクトルを膨張させた別の例を示す図である。

【図31】図10の基準パターンをピクセル単位のエッジベクトルで表した別の図である。

【図32】マッチングを説明するための図である。

【図33】図29と図31とを重ね合わせた図である。

【図34】図29と図31とを重ね合わせた図である。

【図35】(a)は基準パターンの例を示し、(b)は検査対象パターン画像の例を示す図である。

【図36】配線の間隔と下地の間隔とが同じ場合の例を示す図である。

【図37】(a)は基準パターンの例を示し、(b)は(a)の基準パターンと検査対象パターン画像との関係の例を示す図である。

【図38】マッチングを行った後の検査対象パターン画像のエッジおよび基準パターンエッジの例を示す図である。

【図39】(a)は基準パターンエッジの例を示し、(b)は検査対象パターン画像エッジの例を示す図である。

【図40】方向情報の付与手法の他の例を示す図である。

【図41】検査対象パターン画像の例を示す図である。

【図42】輝度値に対する頻度の分布の例を示す図である。

【図43】(a)は基準パターンエッジ、および検査対象パターン画像エッジの例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y=y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ のx成分

分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。

【図44】(a)は基準パターンエッジ、および検査対象パターン画像エッジの別の例を示し、(b)は(a)に示すエッジ間の $y=y_0$ におけるベクトル $d(x, y_0)$ のx成分を回帰直線 $D(x)$ で近似した例を示す図である。

【図45】パターンの属性の例について示す図である。

【図46】先端の位置ずれ量を示す図である。

【図47】孤立パターンの重心の位置ずれ量を示す図である。

【図48】(a)は基準パターンエッジのコーナーの例を示し、(b)は検査対象パターン画像エッジのコーナーの例を示す図である。

【図49】プロファイル取得区間の例を示す図である。

【図50】リソシミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線を示す図である。

【図51】図49の一部(Bの部分)を拡大した図である。

【図52】図51の一部(Cの部分)を拡大した図である。

【図53】プロファイルの例を示す図である。

【図54】第2のエッジ位置(点)に基づいて曲線近似を行い、第2のエッジを求めた例を示す図である。

【図55】(a)はプロファイル取得区間の別の例を示し、(b)は検査対象パターン画像の第1のエッジと第2の基準パターンとの関係の例を示す図である。

【図56】高倍画像および低倍画像を用いて測長を行う例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 主制御部
- 2 記憶装置
- 3 入出力制御部
- 4 入力装置
- 5 表示装置
- 6 印刷装置
- 7 画像生成装置

11 基準パターン生成部

12 検査部

13 出力部

14 欠陥種認識部

21 基幹データベース

22 レシビデータベース

23 欠陥種参照データベース

61~70、75、81~84 エッジ

101~103 部分

111、113 配線

112、114、204 下地

121~126 ライン

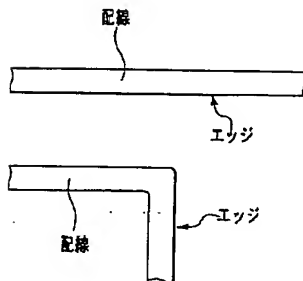
151 検査対象パターン画像

152 基準パターン

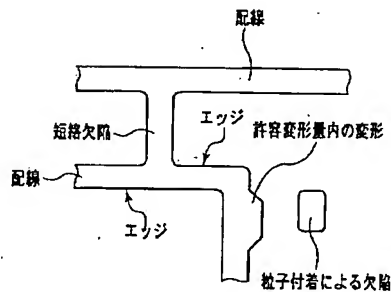
157 区間
 159、163、165 検査対象パターン画像のエッジ
 160、164、166 基準パターンのエッジ
 161 検査対象パターン画像のエッジの重心
 162 基準パターンのエッジの重心
 171 コーナー
 172 長い配線
 173 先端
 174 孤立パターン
 181 検査対象パターン画像のパターン
 182、183 位置

* 184、185 高倍画像
 186 検査対象パターン画像のパターンの幅
 187 低倍画像
 201 破線
 202、203 実線
 205 パターン内部
 206、207 ピクセルの固まり
 251～255 ピクセル
 261 ピクセルの中心
 10 262 ピクセルの中心に最も近い基準パターン上の点
 263 接線
 * 301～304 検査単位領域

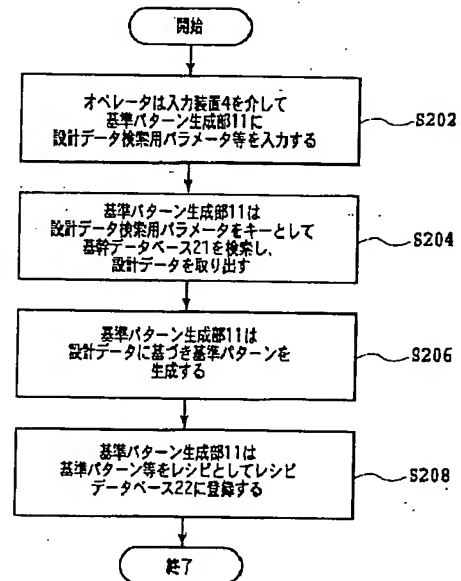
【図1】



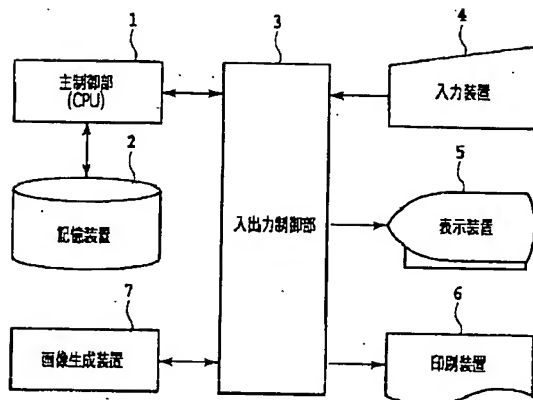
【図2】



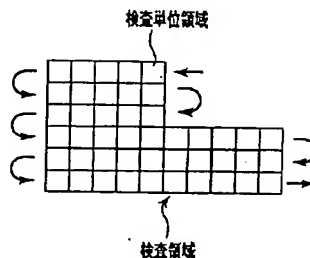
【図6】



【図4】



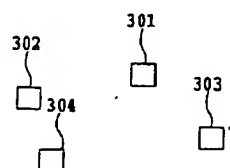
【図8】



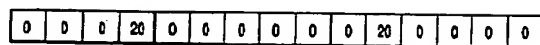
【図7】



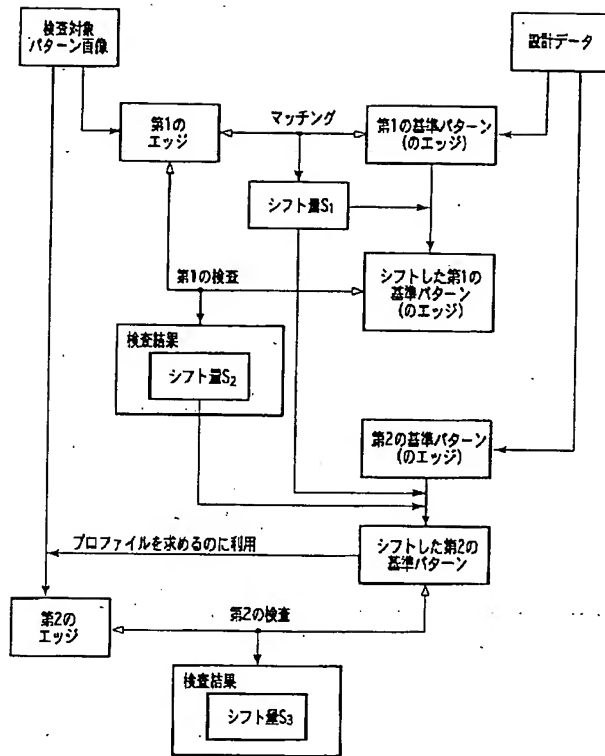
【図9】



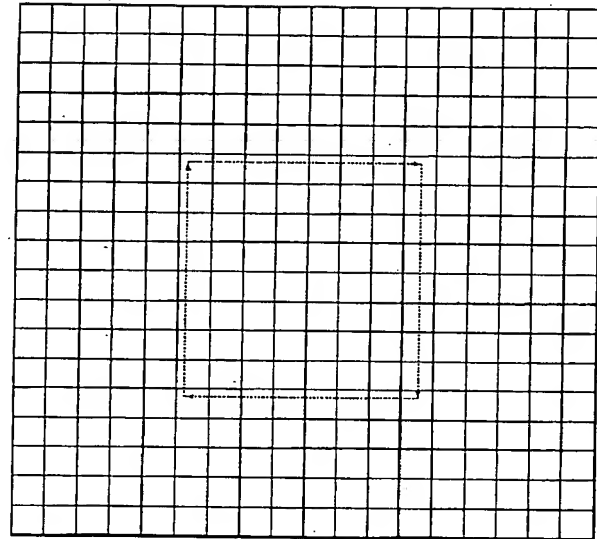
【図18】



【図3】



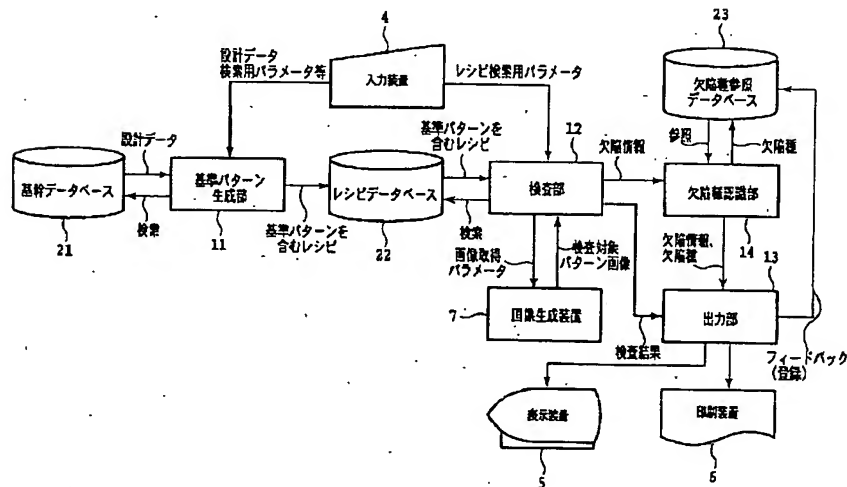
【図10】



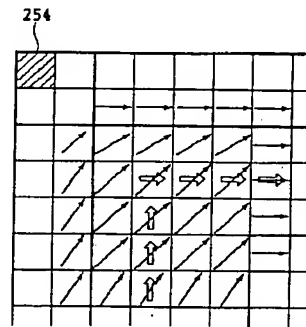
【図24】

0.5	0.9	1.0	0.9	0.5
-----	-----	-----	-----	-----

【図5】

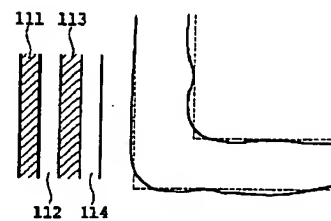


【図33】



【図36】

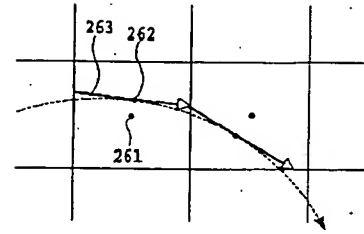
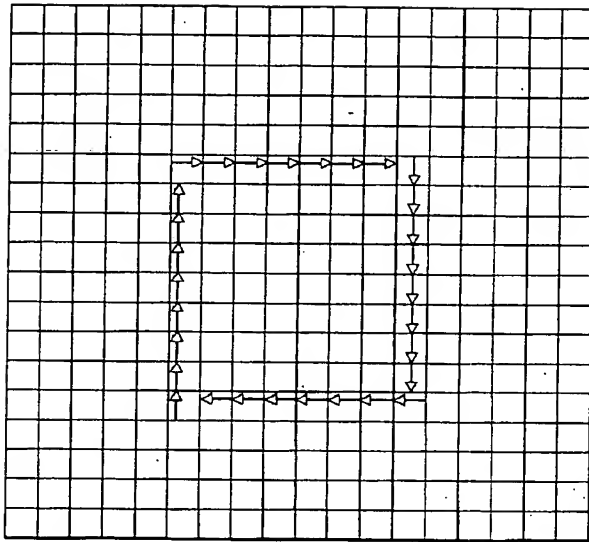
【図50】



【図19】

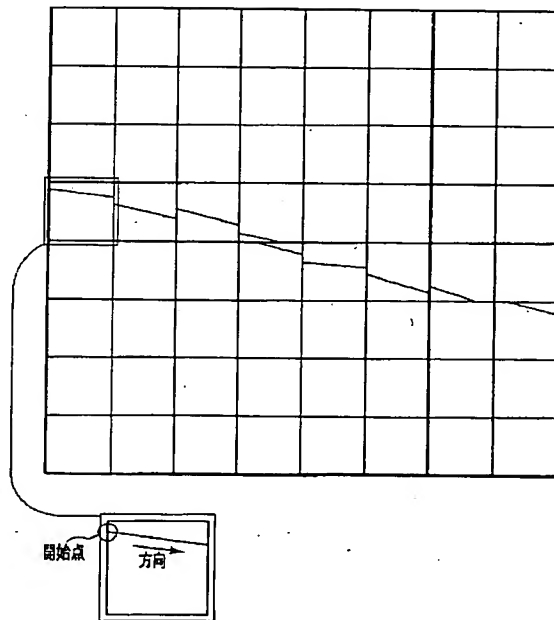
0	20	20	20	20	20	0	0	20	20	20	20	20	0	0
---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---

【圖 12】



【圖 15】

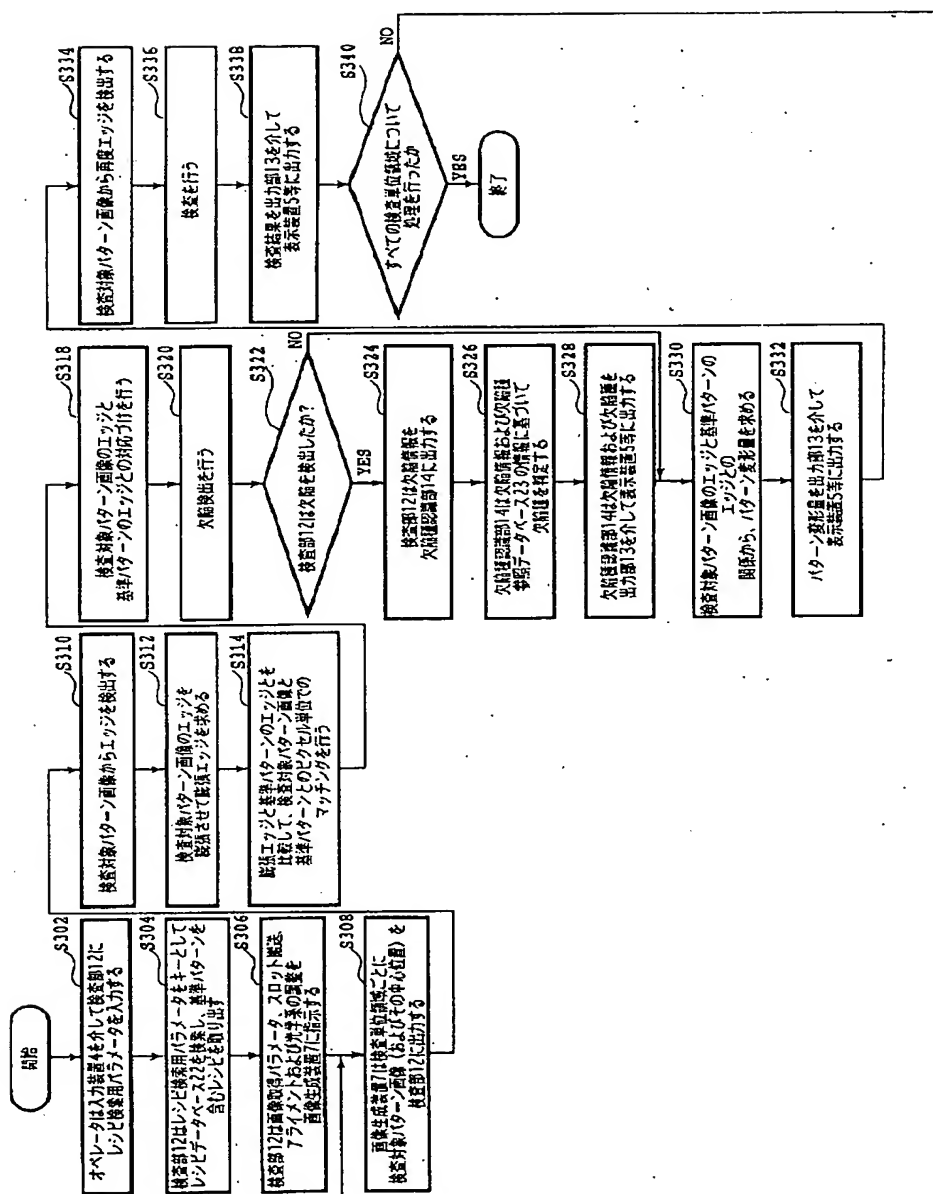
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
80	60	40	20	0	0	0	0
100	100	100	80	60	40	20	0
100	100	100	100	100	100	80	60
100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100



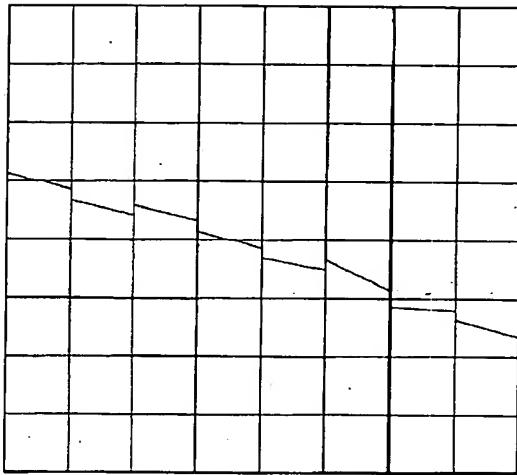
【图 16】

0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
85	55	45	15	0	0	0	0
85	100	100	85	55	40	20	0
15	45	55	85	100	100	60	50
0	0	0	15	45	60	90	100
0	0	0	0	0	0	30	50
0	0	0	0	0	0	0	0

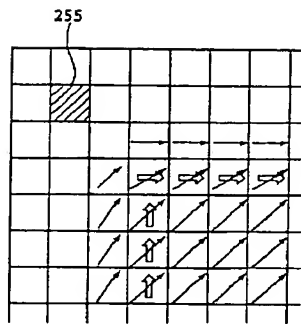
[図13]



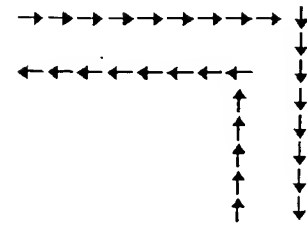
【図17】



【図34】



【図40】



【図20】

0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

【図21】

0	10	15	20	15	10	0	0	10	15	20	15	10	0	0
---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---

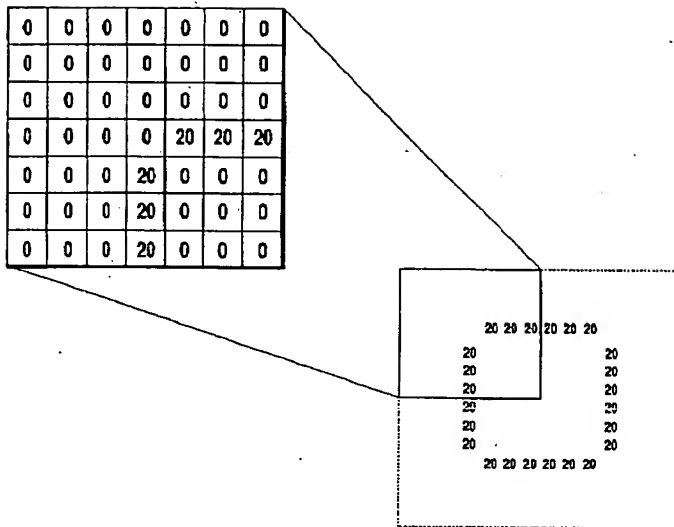
【図22】

0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

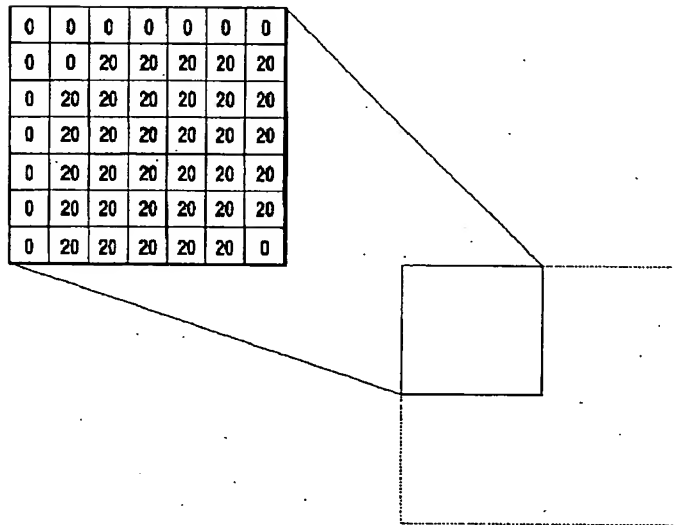
【図23】

0	10	18	20	18	10	0	0	10	18	20	18	10	0	0
---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---

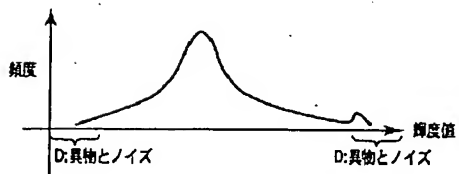
【図25】



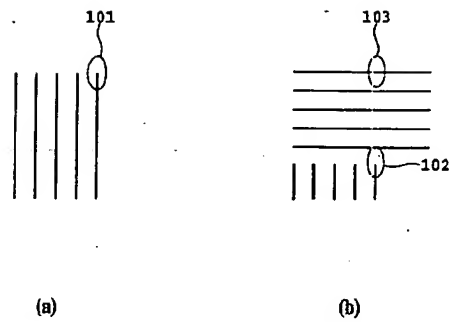
【図26】



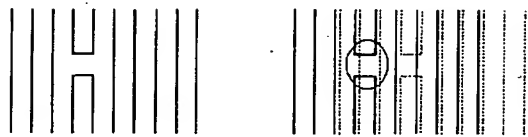
【図42】



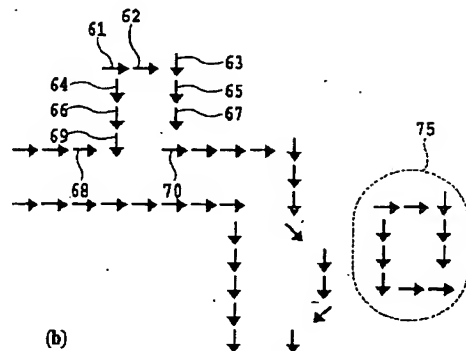
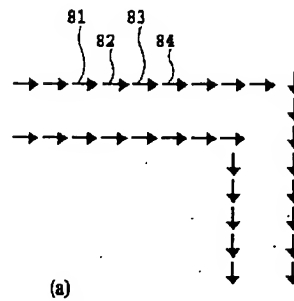
【図35】



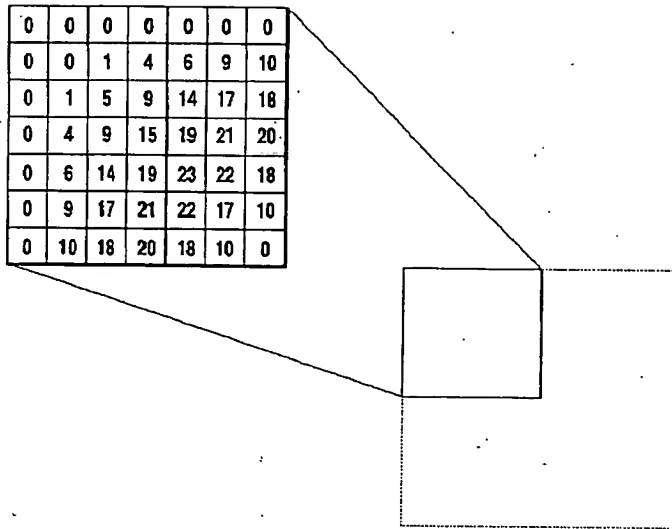
【図37】



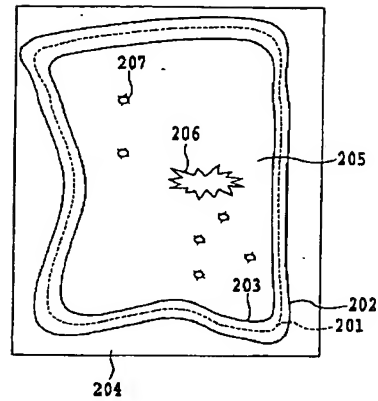
【図39】



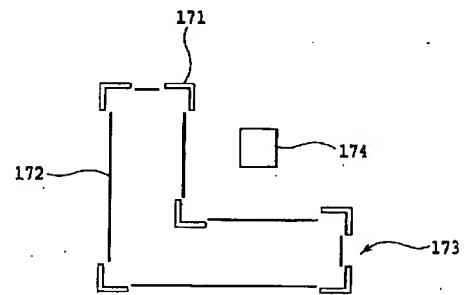
【図27】



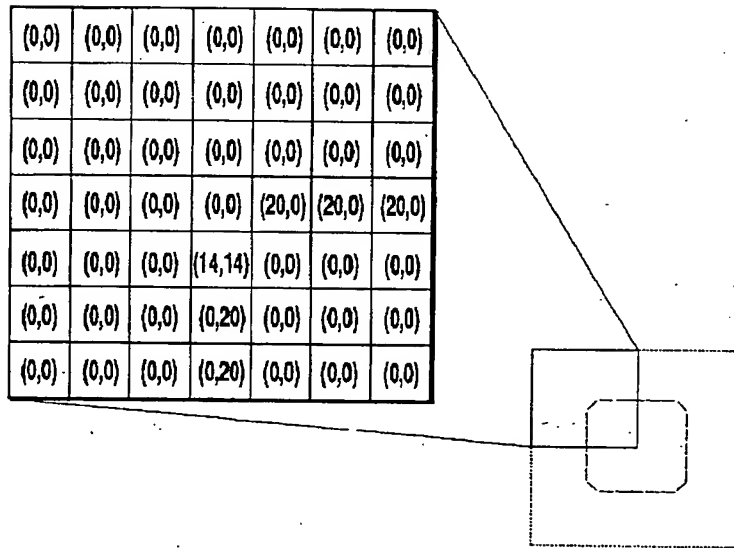
【図41】



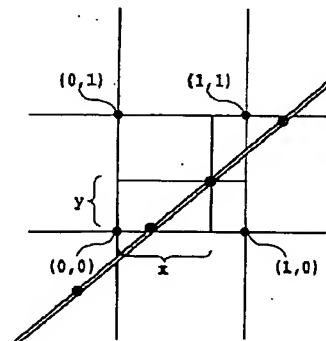
【図45】



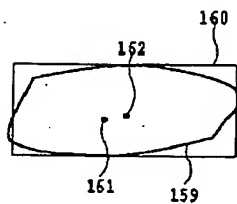
【図28】



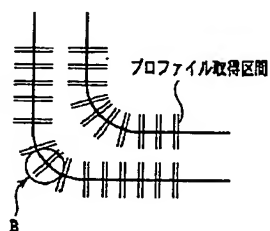
【図52】



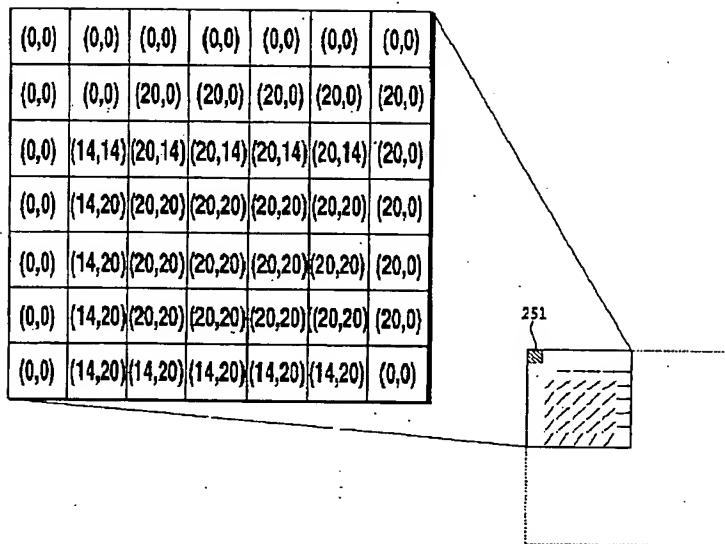
【図47】



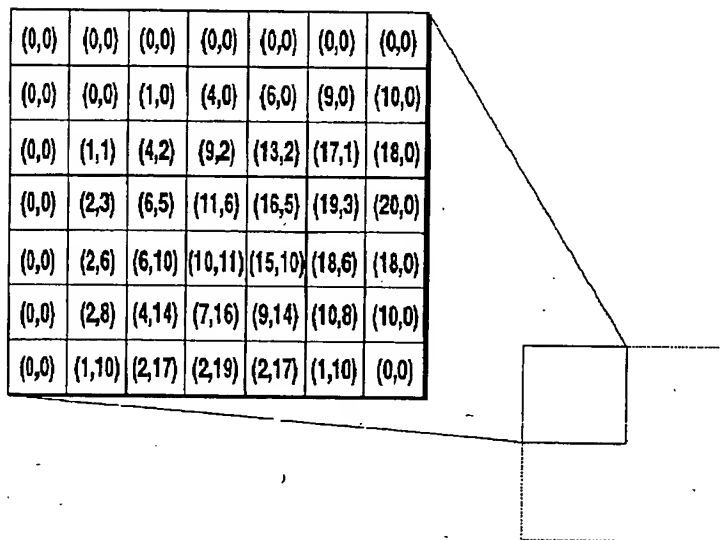
【図49】



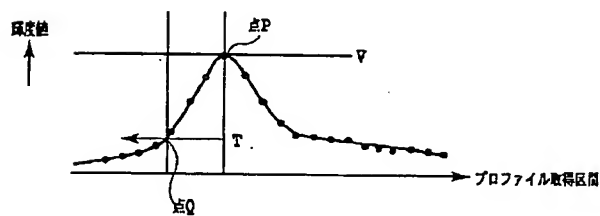
【図29】



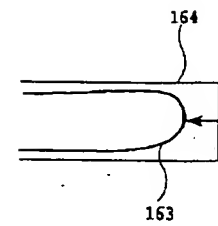
【図30】



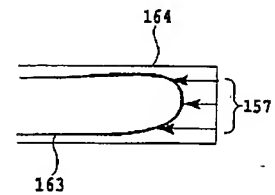
【図5.3】



【図46】

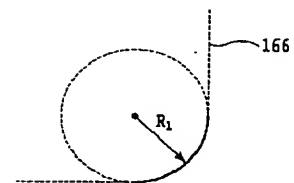


(a)

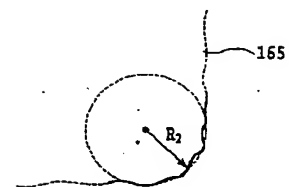


(b)

【図48】

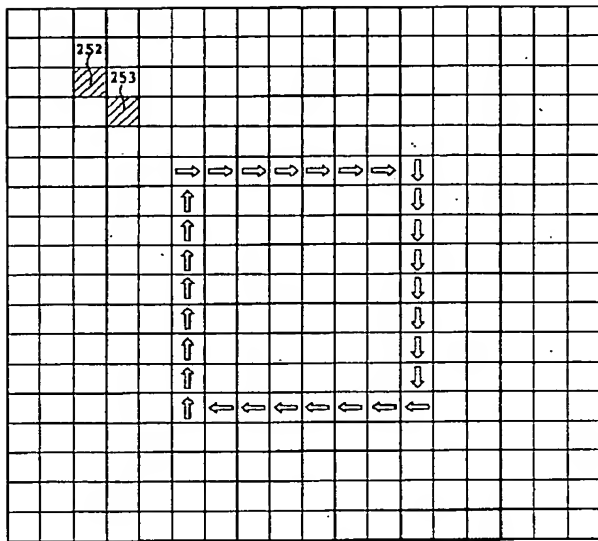


(a)

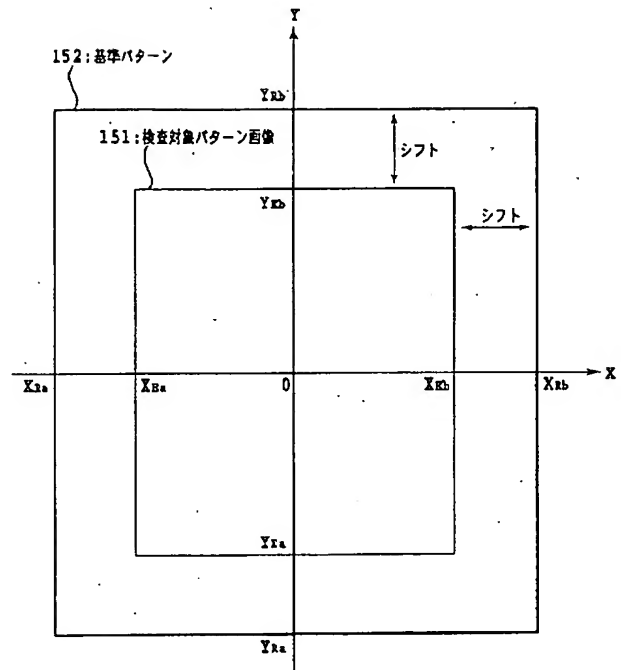


(b)

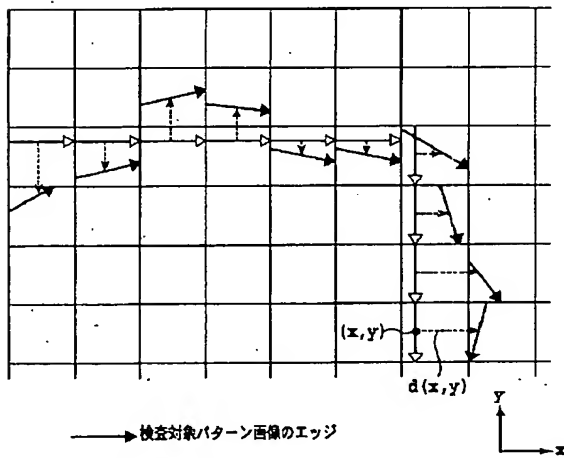
【図31】



【図32】

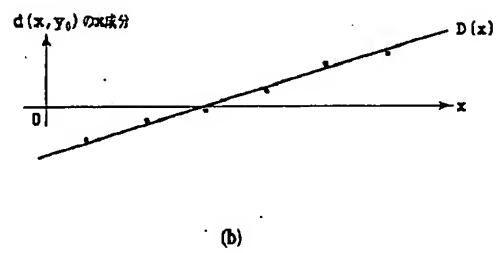
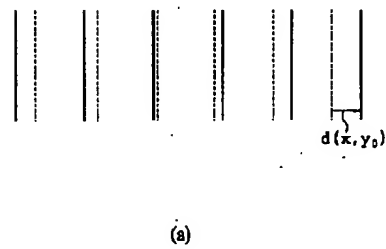


【図38】

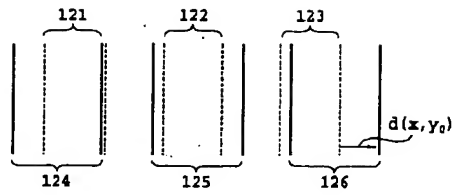


—→ 検査対象パターン画像のエッジ
 —▷ 基本パターンのエッジ
 - - - - - 対応するエッジ間のベクトル $d(x, y)$

【図43】

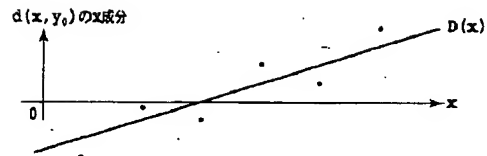
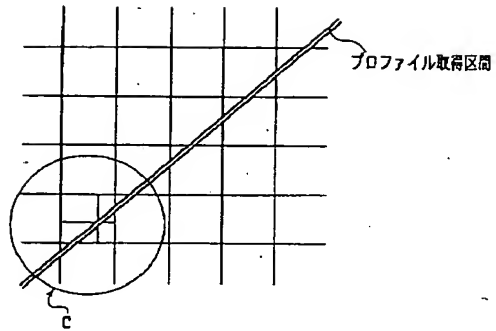


【図44】



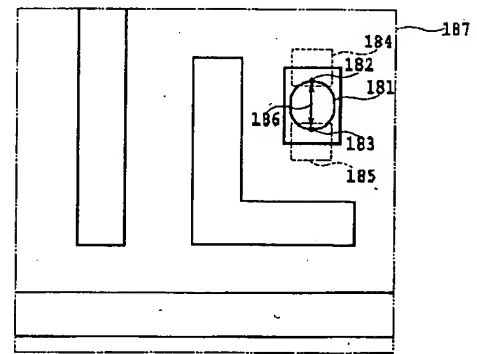
(a)

【図51】

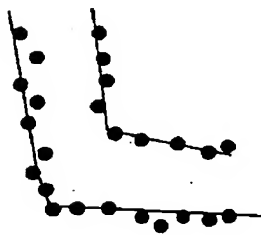


(b)

【図56】

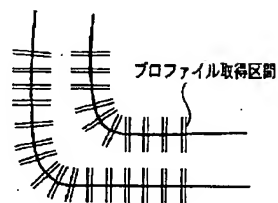


【図54】

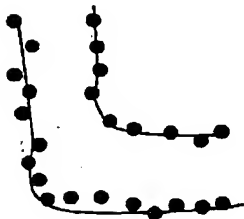


(a)

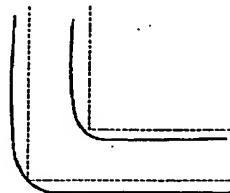
【図55】



(a)



(b)



(b)

フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
H01L 21/66

識別記号

F I
G 0 1 B 11/24

ターマコード (参考)
K 5 L 0 9 6
F

F ターム (参考) 2F065 AA12 AA56 BB02 CC17 DD06
FF04 PP24 QQ04 QQ18 QQ24
QQ27 QQ31 QQ38 RR08 SS06
SS13
2G051 AA51 AA56 AB02 AC21 EA11
EA12 EA14 EC01 ED15
2H095 BD01 BD28
4M106 AA01 BA02 BA03 BA04 CA39
DB05 DB21 DJ18 DJ20 DJ21
5B057 AA03 BA02 CA12 CA16 CB12
CB16 CE04 DA03 DB02 DC16
DC33
5L096 BA03 EA02 FA06 HA07 JA11

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-338304

(43)Date of publication of application : 07.12.2001

(51)Int.Cl.

G06T 7/60
G01B 11/24
G01N 21/956
G03F 1/08
G06T 1/00
H01L 21/66

(21)Application number : 2000-258234

(71)Applicant : NANO GEOMETRY KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 28.08.2000

(72)Inventor : YAMAMOTO MASAHIRO

(30)Priority

Priority number : 11239586

Priority date : 26.08.1999

Priority country : JP

2000078847

21.03.2000

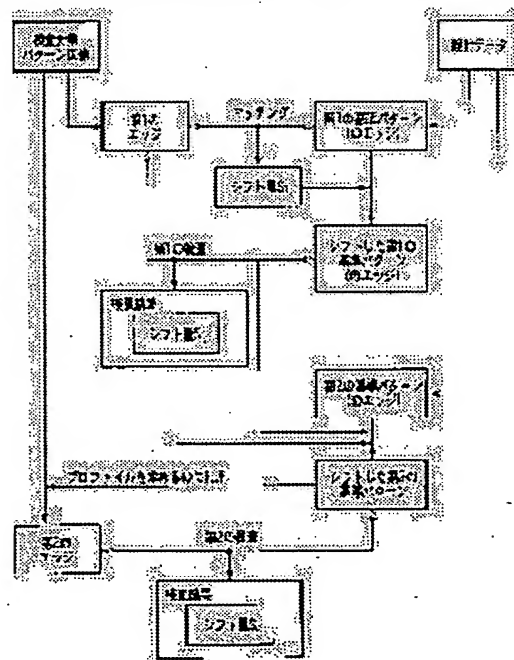
JP

(54) DEVICE AND METHOD FOR PATTERN INSPECTION, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform a comparing inspection on an inspecting object pattern image and a reference pattern in real time.

SOLUTION: The first edge is detected from the image of an inspecting object pattern. By comparing the first edge with the edge of the first reference pattern, the matching of an inspecting object pattern image with the reference pattern are performed. The first reference pattern is shifted by using an obtained shift quantity S1. By comparing the first edge with the edge of the shifted first reference pattern, an inspecting object pattern is inspected. As one of pattern deforming quantities, a shift quantity S2 is obtained. The second reference pattern is shifted by the portion of shift quantities S1+S2. By using the shifted reference pattern, a profile is obtained on the inspecting object pattern image to detect the second edge. By comparing the second edge and the edge of the shifted second reference pattern, the inspecting object pattern is inspected. A shifting quantity S3 is obtained as one of the pattern deforming quantity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Pattern test equipment which is characterized by providing the following and which inspects a pattern to be examined as compared with a reference pattern A storage means to memorize the aforementioned reference pattern An input means to input the picture of the aforementioned pattern to be examined An inspection means to inspect the aforementioned pattern to be examined by comparing the edge of the reference pattern by which storage was carried out [aforementioned] with the edge of the picture of the pattern to be examined by which the input was carried out [aforementioned] An output means to output the result of the aforementioned inspection

[Claim 2] When the aforementioned inspection means compares the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture with the edge of the aforementioned reference pattern in pattern test equipment according to claim 1, it is pattern test equipment characterized by performing matching with the aforementioned subject-of-examination pattern picture and the aforementioned reference pattern.

[Claim 3] It is pattern test equipment characterized by performing the aforementioned matching by expanding the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture in pattern test equipment according to claim 2.

[Claim 4] It is pattern test equipment characterized by performing the aforementioned matching by expanding the edge of the aforementioned reference pattern in pattern test equipment according to claim 2.

[Claim 5] It is pattern test equipment characterized by the aforementioned matching totaling the product of the amplitude of the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture and the amplitude of the edge of the aforementioned reference pattern in each pixel as an evaluation value in pattern test equipment according to claim 2 to 4.

[Claim 6] It is pattern test equipment characterized by for the aforementioned matching totaling total of the inner product of the edge vector of the aforementioned subject-of-examination pattern picture and the edge vector of the aforementioned reference pattern in each pixel, or the absolute value of this inner product as an evaluation value, and for the aforementioned edge vector having the amplitude of an edge as the size in pattern test equipment according to claim 2 to 4, and having the direction of an edge as the direction.

[Claim 7] It is pattern test equipment characterized by performing the aforementioned matching by changing weighting for every portion of the aforementioned reference pattern in pattern test equipment according to claim 2 to 6.

[Claim 8] It is pattern test equipment characterized by the aforementioned inspection means matching the edge of each pixel of the aforementioned reference pattern with the edge of each pixel of the aforementioned real pattern picture in pattern test equipment according to claim 1 to 7.

[Claim 9] It is pattern test equipment characterized by performing the aforementioned matching in consideration of the distance of the edge of each pixel of the aforementioned reference pattern, and the edge of each pixel of the aforementioned subject-of-examination pattern picture, and the direction difference of both edges in pattern test equipment according to claim 8.

[Claim 10] It is pattern test equipment characterized by constituting a field based on the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture to which the aforementioned inspection means was not able to carry out the aforementioned matching in pattern test equipment according to

claim 8 or 9, and recognizing this field as a defective field.

[Claim 11] It is pattern test equipment characterized by constituting a field based on the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture to which the aforementioned inspection means was able to carry out the aforementioned matching in pattern test equipment according to claim 8 to 10, and for the distribution of brightness detecting an un-uniform field among these fields, and recognizing this field as a defective field.

[Claim 12] It is pattern test equipment characterized by the aforementioned inspection means judging a defective kind in pattern test equipment according to claim 10 or 11 based on the geometric characteristic quantity of the aforementioned defective field.

[Claim 13] It is pattern test equipment characterized by the aforementioned inspection means judging a defective kind in pattern test equipment according to claim 10 to 12 based on the characteristic quantity about the brightness of the aforementioned defective field.

[Claim 14] It is pattern test equipment characterized by the aforementioned inspection means calculating the pattern deformation of the aforementioned pattern to be examined to the aforementioned reference pattern in pattern test equipment according to claim 8 to 13.

[Claim 15] Pattern test equipment characterized by the thing of the amount of position gaps, the amount of scale-factor change, and line breadth which it grows fat and is included for at least one of the amounts in pattern test equipment according to claim 14 at the aforementioned pattern deformation.

[Claim 16] It is pattern test equipment characterized by the aforementioned inspection means adding the attribute of a pattern to the aforementioned reference pattern in pattern test equipment according to claim 14 or 15.

[Claim 17] It is pattern test equipment characterized by performing curvilinear approximation about the point of the aforementioned inspection means having taken the profile on the aforementioned subject-of-examination pattern picture, having detected the predetermined point for every profile of this in pattern test equipment according to claim 1 to 16, and having detected, and considering as the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture.

[Claim 18] The pattern inspection method of carrying out having the inspection step which inspects the aforementioned pattern to be examined by comparing the input step which is the pattern inspection method of inspecting a pattern to be examined as compared with a reference pattern, and inputs the picture of the aforementioned pattern to be examined with the edge of the aforementioned reference pattern memorized by the edge and the storage means of a picture of the pattern to be examined by which the input was carried out [aforementioned], and the output step which output the result of the aforementioned inspection as the feature.

[Claim 19] The record medium which recorded the program which makes a computer perform the pattern inspection method characterized by providing the following of inspecting a pattern to be examined as compared with a reference pattern and in which computer read is possible The aforementioned pattern inspection method is an input step which inputs the picture of the aforementioned pattern to be examined. The inspection step which inspects the aforementioned pattern to be examined by comparing the edge of the aforementioned reference pattern memorized by the edge and storage means of a picture of the pattern to be examined by which the input was carried out [aforementioned] The output step which outputs the result of the aforementioned inspection

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the pattern test equipment, the pattern inspection method, and record medium for more specifically inspecting detailed patterns, such as the semiconductors (LSI) and liquid crystal panels which were created according to the design data, and those masks (reticle), about pattern test equipment, the pattern inspection method, and a record medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] The optical pattern test equipment using the method called die two die (die to die) comparison is used for pattern inspection of the wafer in the manufacturing process of a semiconductor integrated circuit, or pattern inspection of the mask for the pattern formation. This inspection method is a method of finding a defect by comparing the pictures obtained from the same position of a die to be examined and its contiguity die.

[0003] The method called die two database (die to database) comparison is adopted as inspection of the mask called reticle in which a contiguity die does not exist on the other hand. That is, the method of changing CAD data into a picture format, considering as instead of [of a contiguity die], and carrying out the same inspection as the above-mentioned is used. The technology concerned is indicated by for example, U.S. JP,5563702,B "Automated photomask inspection apparatus and method." However, by this technique, since the radius-of-circle portion of the corner of the real pattern formed in the wafer will be recognized as a defect, it has avoided by the method of performing pretreatment which gives a radius of circle to the picture acquired from CAD data as the cure etc. If die two database-comparison inspection is conducted in such a situation, the pattern deformation without the need of judging that a corner is poor is recognized as a defect, and even if this performs above-mentioned pretreatment, remarkable generating of it will be carried out. On the contrary, when it is made a setup which disregards pattern deformation of a corner, there is dilemma that the very small defect which exists in addition to a corner cannot be recognized.

[0004] Now, about the mask, since it needs to be correctly in agreement with CAD data, inspection with a die two database-comparison method is put in practical use. however, pattern deformation is allowed in the range an electrical property etc. is guaranteed to be, and, as for the pattern imprinted by the wafer, pattern deformation is actually remarkable from the difference among exposure conditions etc. — grade generating is carried out

[0005] Moreover, by the pattern inspection method of the above-mentioned die two die comparison method, the defect generated in common in all the dies on a wafer by considering the poor mask called systematic defect as a cause is undetectable. That is, it is because a difference is not known in having compared both since the same defect as both a die to be examined and the contiguity die for [the] comparison has occurred.

[0006] Then, although there is a problem at calculation cost etc. and it has not resulted in utilization, matching inspection with CAD data and a wafer picture is proposed. For example, NEC technical report Vol.50 There is the "automatic locating-fault tracing method of Logic LSI using the electron beam tester" of No.6/1997. The method of using X of a wiring edge and the projection to a Y-axis, the method which paid its attention to the wiring corner, and the method adapting the genetic algorithm are described by this reference. Moreover, as a method adopted by this reference, after

carrying out straight-line approximation of the edge, a closed region is extracted, and the matching method using this closed region is explained. However, while these neither of the methods can realize usable speed to high-speed inspection but detects the deformation of a pattern further, it cannot match.

[0007] Moreover, the automatic defective kind classification (Auto Defect Classification:ADC) by comparison with a picture (defective picture) including a defect and the picture (reference picture) of the proximity die corresponding to this is used now. However, the brightness unevenness of a reference picture etc. influences recognition precision. Moreover, pinpointing of the interior and the exterior of the pattern only from a picture may be impossible. In such a case, distinction of a deficit etc. is difficult in many cases in simplistic. Moreover, since the information on which pattern the defect is destroying is not acquired, the classification of the critical defect to a pattern and the defect which is not so cannot be performed.

[0008] By the inspection method using die two die comparison, it has an error resulting from the stage precision and optical-system precision of test equipment about the position of a defect, and the error is larger than circuit pattern width of face about 10 or more times. Even if this projects a defective position on a pattern (design pattern) to form owing to, the defective position of a pattern cannot be pinpointed correctly.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] the light source wavelength grade which uses the pattern width of face of an integrated circuit in an exposure process in recent years — or it is less than it and the method of adding an optical proximity-effect-correction (Optical Proximity Correction:OPC) pattern is adopted as such pattern formation This is what added the OPC pattern to the design data, is that form a mask and this is exposed, and is the technology of bringing the real pattern on the wafer manufactured close to a design data.

[0010] It cannot be inspected by the conventional die two die comparison whether the OPC pattern is acting on the pattern of a wafer effectively as amendment. Therefore, the technique of the ability to perform comparison verification with the pattern of the solution method, for example, a wafer, and a design data in consideration of permission pattern deformation is searched for.

[0011] Moreover, short time for delivery is called for in the limited production with a wide variety seen, for example by system-on-chip (SOC). In such a case, even if it discovers a systematic defect by electric inspection which is the final inspection, it cannot respond to short time for delivery. As this cure, the demand which carries out the monitor of the difference with a design data in each stage of an exposure process has occurred. Then, the pattern deformation which does not influence an electrical property is set up as permission pattern deformation, and the inspection method that comparison verification of the pattern of a design data and a wafer can be performed is searched for, taking into consideration the deformation within permission pattern deformation.

[0012] Moreover, at present, the design check is performed by RISOSHIMYURETA etc. as evaluation of pattern deformation. In order to verify the justification of this simulation, the comparison examination means of the pattern (simulation pattern) and real pattern which RISOSHIMYURETA outputted is needed.

[0013] Moreover, it is still more important by calculating the pattern deformation to a design data to raise the technology on a circuit design.

[0014] By the way, CD-SEM (Critical Dimension Scanning Electron Microscope) is used for pattern line breadth management of the wafer in the manufacturing process of a semiconductor integrated circuit now. This CD-SEM measures automatically the length of the line breadth of the straight-line pattern in the specified position using a line profile for every drastic change copy unit of the stepper called shot. Several places of this length measurement can be carried out to several shots in several wafers per one lot, and it can manage [whether the imprint function of a stepper is normal, and] per nm.

[0015] As management of a circuit pattern, although the position of the shrinkage of wiring termination and an isolated pattern etc. is important besides line breadth, the automatic length measurement function of CD-SEM can measure only length for line breadth etc. by 1-dimensional correspondence. Therefore, measurement of these two-dimensional configuration is carried out when an operator views the picture acquired from CD-SEM or other microscopes.

[0016] That an optical proximity effect correction (OPC) secures the line breadth of a straight-line pattern is bearing the duty important also for configuration formation of a corner or an isolated pattern from the first. Furthermore, the configuration management of the nose of cam of a gate circuit pattern or the root which is called an end cap and field extension at present by improvement in a frequency of operation in addition to gate line breadth is also becoming important.

[0017] Such configuration measurement of a two-dimensional pattern is important also in the sampling inspection in a manufacturing process, or a trial production stage, and inspection of pattern formation is especially needed about the whole wafer surface in a trial production stage.

[0018] However, as mentioned above, the present condition is that management of a two-dimensional configuration is based on human work, and automation is called for from the field of accuracy and productivity.

[0019] Then, the purpose of this invention is conducting the compare check of a subject-of-examination pattern picture and a reference pattern by the real time.

[0020] Moreover, another purpose of this invention is matching by permitting the configuration difference within the limits permitted electrically.

[0021] Moreover, another purpose of this invention is performing stable defective detection.

[0022] Furthermore, another purpose of this invention is to enable quantitatively automatic operation of the measurement of a two-dimensional pattern (subject-of-examination pattern picture) performed visually until now at high speed.

[0023]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in the 1st side of this invention, the pattern test equipment concerning this invention A storage means to be pattern test equipment which inspects a pattern to be examined as compared with a reference pattern, and to memorize the aforementioned reference pattern, It has an inspection means to inspect the aforementioned pattern to be examined, and an output means to output the result of the aforementioned inspection, by comparing an input means to input the picture of the aforementioned pattern to be examined with the edge of the reference pattern by which storage was carried out [aforementioned] with the edge of the picture of the pattern to be examined by which the input was carried out [aforementioned].

[0024] Here, the aforementioned inspection means shall perform matching with the aforementioned subject-of-examination pattern picture and the aforementioned reference pattern by comparing the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture with the edge of the aforementioned reference pattern.

[0025] Here, the aforementioned matching shall be performed by expanding the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture.

[0026] Here, the aforementioned matching shall be performed by expanding the edge of the aforementioned reference pattern.

[0027] Here, the aforementioned matching shall total the product of the amplitude of the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture and the amplitude of the edge of the aforementioned reference pattern in each pixel as an evaluation value.

[0028] The aforementioned matching shall total total of the inner product of the edge vector of the aforementioned subject-of-examination pattern picture and the edge vector of the aforementioned reference pattern in each pixel, or the absolute value of this inner product as an evaluation value here, the aforementioned edge vector shall have the amplitude of an edge as the size, and it shall have the direction of an edge as the direction.

[0029] Here, the aforementioned matching shall be performed by changing weighting for every portion of the aforementioned reference pattern.

[0030] Here, the aforementioned inspection means shall match the edge of each pixel of the aforementioned reference pattern with the edge of each pixel of the aforementioned real pattern picture.

[0031] Here, the aforementioned matching shall be performed in consideration of the distance of the edge of each pixel of the aforementioned reference pattern, and the edge of each pixel of the aforementioned subject-of-examination pattern picture, and the direction difference of both edges.

[0032] Here, the aforementioned inspection means shall constitute a field based on the edge of the

forementioned subject-of-examination pattern picture which was not able to perform the aforementioned matching, and shall recognize this field as a defective field.

[0033] Here, a field shall be constituted based on the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture which was able to perform the aforementioned matching, the distribution of brightness shall detect an un-uniform field among these fields, and the aforementioned inspection means shall recognize this field as a defective field.

[0034] Here, the aforementioned inspection means shall judge a defective kind based on the geometric characteristic quantity of the aforementioned defective field.

[0035] Here, the aforementioned inspection means shall judge a defective kind based on the characteristic quantity about the brightness of the aforementioned defective field.

[0036] Here, the aforementioned inspection means shall calculate the pattern deformation of the aforementioned pattern to be examined to the aforementioned reference pattern.

[0037] Here, the amount of position gaps, the amount of scale-factor change, and line breadth shall grow fat in the aforementioned pattern deformation, and at least one of the amounts shall be contained in it.

[0038] Here, the aforementioned inspection means shall add the attribute of a pattern to the aforementioned reference pattern.

[0039] Here, the aforementioned inspection means shall take a profile on the aforementioned subject-of-examination pattern picture, shall perform curvilinear approximation about the point of having detected and detected the predetermined point for every profile of this, and shall use it as the edge of the aforementioned subject-of-examination pattern picture.

[0040] In the 2nd side of this invention, the pattern inspection method concerning this invention The input step which is the pattern inspection method of inspecting a pattern to be examined as compared with a reference pattern, and inputs the picture of the aforementioned pattern to be examined, By comparing the edge of the aforementioned reference pattern memorized by the edge and storage means of a picture of the pattern to be examined by which the input was carried out [aforementioned], it has the inspection step which inspects the aforementioned pattern to be examined, and the output step which outputs the result of the aforementioned inspection.

[0041] In the 3rd side of this invention, the record medium concerning this invention It is the record medium which recorded the program which makes a computer perform the pattern inspection method of inspecting a pattern to be examined as compared with a reference pattern and in which computer read is possible. The aforementioned pattern inspection method by comparing the input step which inputs the picture of the aforementioned pattern to be examined with the edge of the aforementioned reference pattern memorized by the edge and storage means of a picture of the pattern to be examined by which the input was carried out [aforementioned] It has the inspection step which inspects the aforementioned pattern to be examined, and the output step which outputs the result of the aforementioned inspection.

[0042] According to the above composition, the compare check of a subject-of-examination pattern picture and a reference pattern can be conducted by the real time.

[0043] Moreover, it can match by permitting the configuration difference within the limits permitted electrically.

[0044] Moreover, stable defective detection can be performed.

[0045] Furthermore, the automatic operation of the measurement of a two-dimensional pattern (subject-of-examination pattern picture) performed visually until now is attained at high speed quantitatively.

[0046]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the desirable operation gestalt of this invention is explained in detail, referring to a drawing.

[0047] Drawing 1 is drawing showing the example of the pattern on the theory based on a design data, and drawing 2 is drawing showing the example of the pattern (real pattern) actually manufactured based on the design data. As shown in drawing 2, a real pattern has a short circuit defect, or has a defect by particle adhesion, or there is deformation in permission deformation in it. Therefore, it becomes a partly different thing from the pattern theoretically obtained based on a design data.

[0048] The pattern test equipment concerning this operation gestalt inspects a pattern (for example, pattern as shown in drawing 2) to be examined as compared with a reference pattern (for example, pattern as shown in drawing 1).

[0049] Drawing 3 is drawing showing the outline of the inspection processing which the pattern test equipment concerning this operation form performs. In inspection processing, the 1st edge is first detected from the picture of a pattern to be examined. Next, matching with a subject-of-examination pattern picture and a reference pattern is performed by comparing the 1st edge with the edge of the 1st reference pattern. Since a shift amount S1 can be found as a result of matching, the 1st reference pattern is shifted using this shift amount S1. And a pattern (real pattern) to be examined is inspected by comparing the 1st edge with the edge of the 1st shifted reference pattern. In this 1st inspection, pattern deformation is calculated or a defect is detected. A shift amount S2 can be found as one of the pattern deformation.

[0050] Next, in order to detect the 2nd edge from a subject-of-examination pattern picture, the 2nd corresponding reference pattern is shifted for shift-amount S1+S 2 minutes. Using the 2nd shifted reference pattern, it asks for a profile on a subject-of-examination pattern picture, and the 2nd edge is detected. And a pattern to be examined is inspected by comparing the 2nd edge with the edge of the 2nd shifted reference pattern. Also in this 2nd inspection, pattern deformation is calculated or a defect is detected. A shift amount S3 can be found as one of the pattern deformation.

[0051] Drawing 4 is drawing showing the example of hardware composition of the pattern test equipment in this operation form. The pattern test equipment concerning this operation form is equipped with the main-control section 1, storage 2, I/O control unit 3, an input unit 4, display 5, a printer 6, and picture generation equipment 7.

[0052] The main-control section 1 is constituted by CPU etc. and controls the whole equipment in generalization. Storage 2 is connected to the main-control section 1. Storage 2 can take the form of a hard disk, a flexible disk, an optical disk, etc. Moreover, the printers 6, such as a printer which prints display 5, calculation results, etc., such as a display which displays the input units 4, such as a keyboard and a mouse, input data, a calculation result, etc., are connected to the main-control section 1 through I/O control unit 3.

[0053] The main-control section 1 had the internal memory (internal storage) for storing a program, necessary data, etc. for control programs, such as OS (Operating System), and pattern inspection, and has realized pattern inspection by these programs etc. These programs are memorized to the floppy (registered trademark) disk, CD-ROM, etc., and can be performed by making it read into memory, a hard disk, etc. before execution.

[0054] Drawing 5 is drawing showing the functional block diagram of the pattern test equipment in this operation gestalt. The reference pattern generation section 11, the reference section 12, the output section 13, and the defective recognition section 14 are realized by the program. The basic database 21, the recipe database 22, and the defective kind reference database 23 are formed in storage 2.

[0055] The basic database 21 is formed outside and you may make it pattern test equipment access the basic database 21 via LAN.

[0056] (Recipe) The group of the inspection parameter first called a recipe before inspection is set up. As the parameter, there are distance (pixel interval) on the real pattern between the pixels and pixels at the time of picture acquisition of the picture of the pattern to be examined which is the object of inspection, and the numbers of pixels, such as 512x512 and 1024x1024. From these values, the distance (picture size) on the real pattern of the picture which should be processed at once can be grasped. Moreover, the parameter for an edge detection and the parameter for recognizing a defect are set up.

[0057] A design data is used as data in comparison with a subject-of-examination pattern picture. As this design data, what performed Rhea's fusion and formation fracturing can be used for the CAD layout data of for example, GDS form. With this operation gestalt, clipping is carried out in the rectangle area which makes one side length which applied the amount of the maximum parallel displacements of the part for an error and the pattern of a stage to picture size for the bunch of the segment acquired by this processing, and it considers as a reference pattern, and stores in the recipe database 22 beforehand. When the amount of stage error can ignore compared with the amount of

the maximum parallel displacements of a pattern, the absolute-coordinate value of pattern deformation can be measured. Although a larger reference pattern than a subject-of-examination pattern picture is taken and is processed with this operation gestalt in consideration of the amount of the maximum parallel displacements of the part for an error and the pattern of a stage, a larger subject-of-examination pattern picture than a reference pattern is taken, and you may make it process it instead.

[0058] You may perform processing which rounds a corner to a reference pattern. As shown in drawing 7, while a design data is usually a polygon (drawing middle point line) with the acute angle, a radius of circle attaches the circuit pattern actually formed to a corner. Then, a circle, an ellipse, a straight line, or the curve described by other methods may be applied to a corner portion, and you may amend so that it may become an actual pattern closely.

[0059] If a design data is used for a reference pattern, it will become defective inspection which conducts a compare check with a pattern to realize. In this case, the permissible dose which does not influence an electrical property as permission pattern deformation is set up. This permission pattern deformation can be set up for every attribute of wiring, and can still also be made adjustable by the place where the pattern is complicated, and the case where that is not right.

[0060] If the curve (solid line of drawing 50) which forms the appearance of the exposure pattern obtained by the reference pattern by RISOSHIMYURETA is used, defective inspection while verifying the justification of a simulation will be attained. The output data of RISOSHUMIRETA are the optical intensity distribution which simulated optically and were obtained. The curve of an appearance is obtained from this distribution. The permission pattern deformation in this case sets up the error allowed as a simulation.

[0061] The design data is used for the reference pattern in this operation form.

[0062] Drawing 6 is a flow chart which shows the example of the recipe registration processing in this operation gestalt. First, through an input unit 4, the parameter for design-data reference (parameter which specifies the form of a sample to be examined and a process here), the verification mode, and a picture acquisition parameter (the slot number for specifying an inspection field, picture size, the number of pixels, and a wafer and adjustment parameter of optical system) are inputted into the reference pattern generation section 11, and an operator inputs the parameter for an edge detection and inspection into a row (Step S202).

[0063] The following information is set up as a parameter for an edge detection and inspection.

[0064] (R1) Pattern deformation to calculate (R2) The limitation by the side of - of permission pattern deformation, and the limitation by the side of +, a row — attribute of the marginal (R3) pattern of the permission direction difference of an edge Edge-detection parameter. (R4) (a corner —) experientially decided from quality of image Extraction rule for recognizing a part for a bay, an endpoint, an isolated pattern, etc. automatically (R5) The length of the profile acquisition section, The interval of the profile acquisition section and the profile acquisition section, the interval which investigates a brightness value in the profile acquisition section, and methods of taking a profile — whether a threshold method is used —

(R6) The flag reference pattern generation section 11 of whether for the profile acquisition section to be made adjustable and to determine at the time of measurement searches the basic database 21 by using the parameter for design-data reference (the form of a sample to be examined, and process) as a key, and takes out a design data (Step S204). The basic database 21 is a database which stored the design data (CAD data) to a subject-of-examination pattern picture.

[0065] Next, the reference pattern generation section 11 generates a reference pattern based on a design data (Step S206).

[0066] As most suitable for the position of the edge detected from a subject-of-examination pattern picture, it may be necessary to a design data to perform shrink processing (processing which changes a scale factor), size processing (processing which changes line breadth), etc. moreover — since the positions of the edge generally detected at the 1st edge detection and 2nd edge detection differ, if there is need — the [the object for the 1st edge detection, and] — two kinds of reference patterns are prepared for 2 edge detections

[0067] Since inspection is conducted for every inspection unit field which divides the inputted inspection field in picture size, and is obtained, a reference pattern is also generated according to it.

There are inspection and random inspection as inspection serially.

[0068] Drawing 8 is drawing for explaining inspection serially. An inspection field is usually determined as the rectangular sum. That is, an inspection field carries out the serial scan for every inspection unit field, in order to carry out high-speed inspection of the field, since the whole wafer surface is not set up as a unit but it is set up as two or more fields (they are an upper short rectangle, a lower long rectangle, etc. like drawing 8) specified in the rectangle. A reference pattern is created for every inspection unit field.

[0069] Drawing 9 is drawing for explaining random inspection. In random inspection, a certain field is not inspected to serial, but it inspects at pinpoint. In drawing 9 , it inspects only about the inspection unit fields 301-304.

[0070] Drawing 10 is drawing showing the example of a reference pattern, and drawing 11 is drawing showing the example which changed the reference pattern of drawing 10 into the edge vector for every pixel. The reference pattern (dotted line) is shown by subpixel precision in drawing 10 . Usually, the direction of an edge of a reference pattern is parallel to lengthwise [of a pixel / the longitudinal direction (x directions) or lengthwise (the direction of y)]. It has a start point (subpixel precision), a direction, and the information on an amplitude for every pixel like [the edge of a reference pattern] the edge of a subject-of-examination pattern picture. All the amplitude of the edge of a reference pattern is set to 1 in this operation gestalt.

[0071] A curve may be contained in a reference pattern as shown in drawing 12 . In order to change the reference pattern containing a curve into an edge vector, there is the method of making an edge vector the tangent 263 in the point 262 on the reference pattern near the center 261 of a pixel.

[0072] Next, the reference pattern generation section 11 registers the parameter for an edge detection and inspection into the recipe database 22 at the form of a reference pattern and a sample to be examined, a process and the verification mode, a picture acquisition parameter, and a row (Step S208). These data are called recipe which is the group of a checking parameter, use a form, a process, and the verification mode as a key, and are managed.

[0073] (Inspection processing) Drawing 13 is a flow chart which shows the example of the inspection processing in this operation gestalt. First, an operator inputs the parameter for recipe reference (here a form, a process, and the verification mode) into the Banking Inspection Department 12 through an input unit 4 (Step S302).

[0074] The Banking Inspection Department 12 searches the recipe database 22 by using the parameter for recipe criminal investigations as a key, and takes out a recipe (Step S304). And in order to acquire subject-of-examination pattern pictures (an optical picture, an electron ray picture, a focal ion beam picture, probe microscope picture, etc.), it points to a picture acquisition parameter to picture generation equipment 7, and adjustment of slot conveyance, alignment, and optical system is directed (Step S306). Alignment means the function to ask for the transform coefficient of the system of coordinates which CAD data are using, and the coordinate value which manages a real wafer observation position. This is embodied by CAD navigation. After alignment, CAD navigation changes the coordinate value which wants to observe on CAD data into the coordinate value which manages the observation position of a real wafer, moves the visual field of image pick-up equipment to the position, is the method of receiving the picture of the position, and is known well.

[0075] As picture generation equipment 7, wafer defective test equipment, and CD-SEM or the various microscopes which are usually used can be used.

[0076] Picture generation equipment 7 outputs a subject-of-examination pattern picture (and the center position) to the Banking Inspection Department 12 for every inspection unit field (Step S308).

[0077] (The 1st edge detection) Next, the Banking Inspection Department 12 performs the 1st edge detection from a subject-of-examination pattern picture (Step S310). As an edge detection, there is the following two technique, for example.

[0078] (A) One is the technique for which it was suitable when contrast was between the interior of a pattern, and a ground. Although many of such pictures can detect an edge by binary-ized processing, when contrast is not comparatively clear, an edge cannot be detected clearly. this time — for example, [reference 1]:R.M.Haralick and "Digital step edges from ZERO crossing of second directional derivatives" — IEEE Trans.Pattern Anal.Machine Intell., vol.PAMI-6, No.1, and pp.58- the method of an indication can be applied to 68 and 1984 and it can ask for an edge According to this method, the

point of inflection of an edge portion can be obtained in about 1/10 precision of a pixel measure.

[0079] (B) Only the edge of another is bright, and it is the technique of coping with it, when contrast is not attached to the interior of a pattern, and a ground, for example, asks for an edge by [reference 2]: "Cartan Steger. An unbiased detector of curvilinear structures" and the method of the indication to IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 20 (2), and February 1998. According to this method, the crest of an edge portion can be obtained in about 1/10 precision of a pixel measure. However, by this technique, the direction of an edge has only the value of 0 – 180 degrees. That is, the interior of a pattern cannot be pinpointed.

[0080] You may ask for an edge by the above-mentioned method using the edge amplitude picture acquired having applied the differentiation filter (for example, a Sobel filter and a band pass filter) to the picture which has contrast between the interior of a pattern, and a ground. In this case, the distinction inside a pattern is attached and the direction of an edge can be pinpointed.

[0081] Since these methods are processings using the to some extent big aperture, about 1/10 precision of a pixel measure is not only acquired, but they are stable. [of the direction of an edge] This means that there is not necessarily no need of connecting an edge and carrying out straight-line approximation.

[0082] At the edge detection of Step S310, it asks for an amplitude and direction of an edge by the pixel measure from a subject-of-examination pattern picture. An amplitude takes such a large value that it is a clear edge. (A) When you are the picture which has contrast between the interior of a pattern, and a ground, using the method of the above-mentioned reference 1, the absolute value of the primary differential value of a picture can be made into an amplitude, and let the zero crossing point of the secondary differential value of a picture be an edge position. On the other hand, when you are a picture only with the bright (B) edge, using the method of the above-mentioned reference 2, the sign reversal value (absolute value) of the secondary differential value of a picture can be made into an amplitude, and let the zero crossing point of the primary differential value of a picture be an edge position. As for an edge, in any case, it is obtained in subpixel precision. Although the direction of [from 0 times to 360 degrees] can be defined in the case of the picture of (A), in the case of the picture of (B), only the direction of [from 0 times to 180 degrees] can be defined. It is because this cannot pinpoint the interior of a pattern from partial information by the picture of (B).

[0083] Drawing 14 is drawing showing the example of the picture (subject-of-examination pattern picture) which has contrast between the interior of (A) pattern, and a ground, and drawing 15 is drawing showing the edge detected from the picture of drawing 14. The brightness value is shown in drawing 14 for every pixel. As shown in drawing 15, an edge is detected for every pixel and a start point (subpixel precision), a direction (0 – 360 degrees), and the information on an amplitude are acquired for every pixel. An amplitude takes such a large value as mentioned above that it is a clear edge.

[0084] Drawing 16 is drawing showing the example of a picture (subject-of-examination pattern picture) only with the bright (B) edge, and drawing 17 is drawing showing the edge detected from the picture of 3A of drawing 7. Also in drawing 16, the brightness value is shown for every pixel. Moreover, as shown in drawing 17, an edge is detected for every pixel and a start point (subpixel precision), a direction (0 – 180 degrees), and the information on an amplitude are acquired for every pixel.

[0085] (Matching) Next, the Banking Inspection Department 12 expands the edge of a subject-of-examination pattern picture, and asks for an expansion edge (Step S312). It is made to expand by the permission pattern deformation allowed in electrical property in this operation form. In this stage, permission pattern deformation is a positive integer. This value is a value which integer-ized the one where the absolute value of the limitation by the side of – of permission (R2) pattern deformation and the limitation by the side of + is larger. By making it expand by permission pattern deformation, the configuration difference within the limits permitted electrically can be permitted and matched.

[0086] Drawing 18 is drawing showing the example of the edge amplitude of a 1-dimensional subject-of-examination pattern picture, and drawing 19 is drawing showing the example which expanded the edge of drawing 18. By drawing 18 and drawing 19, in order to simplify explanation, the example in case the edge amplitude which each pixel has by one dimension has the Scala value is shown. When treating the deformation in permission pattern deformation equally, a maximum filter with the aperture

of the size of the double precision of permission pattern deformation is covered. A maximum filter calculates the maximum of the value which each pixel in the aperture which it is near the target pixel has, and makes the value the value of the pixel behind a filter. In drawing 19 , the edge of drawing 18 is expanded by 2 pixels right and left. This is an example in case permission pattern deformation is 2 pixels.

[0087] On the other hand, it is made [whose edge of a reference pattern was] like drawing 20 . when the evaluation value (degree) of matching is calculated from drawing 19 and drawing 20 , even if it is the present position — a subject-of-examination pattern picture — right and left — 1 pixel — or though 2 pixels has shifted, the evaluation value of matching becomes the same

[0088] What is necessary is to carry out weighting and just to expand, as shown in drawing 21 , in order to avoid this. This means that it is better as permission pattern deformation is small, for realizing expansion of drawing 21 — 0.5 and 0. — 75, 1.0, and 0. — what is necessary is just to use the smoothing filter of 75 and 0.5 In the case of drawing 21 , if at least 1 pixel of subject-of-examination pattern pictures shifts to right and left, an evaluation value will fall.

[0089] Here, as shown in drawing 22 , the edge of a reference pattern presupposes that it was large by 2 pixels. Though 1 pixel of subject-of-examination pattern pictures has shifted to right and left even if it is the present position if an evaluation value is calculated from drawing 21 and drawing 22 , it becomes the same evaluation value.

[0090] What is necessary is to carry out weighting and just to expand, as shown in drawing 23 , in order to avoid this. for realizing expansion of drawing 23 — 0.5 and 0. — 9, 1.0, and 0. — what is necessary is just to use the smoothing filter (drawing 24) of 9 and 0.5 The coefficient of a smoothing filter should be called for experimentally.

[0091] Although expansion as shown in drawing 23 from the above thing is desirable, expansion as shown in drawing 19 or drawing 21 from viewpoints, such as processing speed and lump condition of an edge, can also be used.

[0092] Drawing 25 is drawing showing the example of the amplitude of the edge of a two-dimensional subject-of-examination pattern picture, and drawing 26 and drawing 27 are drawings showing the example which expanded the edge of drawing 25 . In drawing 25 , amplitude value is 0 except [all] the place of 20. Drawing 26 shows the result at the time of performing the same expansion as drawing 19 , and drawing 27 shows the result at the time of performing the same expansion as drawing 23 .

[0093] Drawing 28 is drawing showing the example of the edge vector of a two-dimensional subject-of-examination pattern picture, and drawing 29 and drawing 30 are drawings showing the example which expanded the edge vector of drawing 28 . Drawing 29 shows the result at the time of performing the same expansion as drawing 19 , and drawing 30 shows the result at the time of performing the same expansion as drawing 23 . Expansion is performed every x and y component.

[0094] The Banking Inspection Department 12 compares with the edge of a reference pattern an expansion edge (edge which expanded the edge of a subject-of-examination pattern picture), and performs matching by the pixel measure of a subject-of-examination pattern picture and a reference pattern (Step S314).

[0095] In this operation form, since matching in subpixel precision is performed so that it may state later, matching by the pixel measure is performed for the purpose of improvement in the speed here. Therefore, drawing 31 writes drawing 11 by the pixel measure.

[0096] In matching in this operation form, a reference pattern is shifted vertically and horizontally by the pixel measure to a subject-of-examination pattern picture, and let the position where the evaluation value F0 becomes the maximum be a matching position (drawing 32). In this operation form, total of the amplitude of the expansion edge in the pixel which exists the edge of a reference pattern is made into the evaluation value F0 as follows.

[0097]

[Equation 1]

$$F_0(x_s, y_s) = \sum_{x=X_{Ra}}^{X_{Rb}} \sum_{y=Y_{Ra}}^{Y_{Rb}} |E(x, y)| |R(x + x_s, y + y_s)|$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq x_s \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq y_s \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

[0098] Here, $E(x, y)$ is an edge vector which has the amplitude of an expansion edge as the size, and has the direction of an expansion edge as the direction. In the place where an edge does not exist, the size of $E(x, y)$ is 0. $R(x+xs, y+ys)$ is an edge vector which has the direction of an edge of a reference pattern as the direction. However, the size of $R(x+xs, y+ys)$ is 1 in the place where an edge exists, and is 0 in the place where an edge does not exist. Here, (xs, ys) are the shift amounts $S1$ of the edge of a reference pattern.

[0099] If only the pixel whose $R(x, y)$ is not 0 is memorized in calculation of $F0$, it is calculable at high speed, and there will be few storage regions and they will end. If the cancel of the high-speed calculation currently used by the remainder testing [sequentially] method (SSDA: Sequential Similarity Detection Algorithm) by making pixel amplitude value total into a performance index is used, calculation will be accelerated further.

[0100] Drawing 33 and drawing 34 are drawings on top of which drawing 29 and drawing 31 were laid. In drawing 33, a pixel 254 is equivalent to the pixel 251 of drawing 29, and the pixel 252 of drawing 31. In drawing 34, 1 pixel of subject-of-examination pattern pictures is shifted from the state of drawing 33 to the right in 1 pixel and the bottom, and superposition is performed. Therefore, a pixel 255 is equivalent to the pixel 251 of drawing 29, and the pixel 253 of drawing 31. An evaluation value becomes high, so that the degree which the pixel in which an edge exists overlaps is large, when using the evaluation value $F0$. What is necessary is just to perform expansion processing as shown by drawing 25 - drawing 27, in using the evaluation value $F0$. in addition, the evaluation value $F0$ — (A) and (B) — it can be adapted for any picture

[0101] In this operation gestalt, although the above-mentioned evaluation value $F0$ is used, other evaluation values can also be used. For example, when it is the picture which has contrast between the interior of (A) pattern, and a ground, it is possible to use the following evaluation values Fa .

[0102]

[Equation 2]

$$F_a(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} E(x, y) \cdot R(x+xs, y+ys)$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

[0103] Moreover, for example, when it is a picture only with the bright (B) edge, it is possible to use the following evaluation values Fb .

[0104]

[Equation 3]

$$F_b(xs, ys) = \sum_{x=X_{Ea}}^{X_{Eb}} \sum_{y=Y_{Ea}}^{Y_{Eb}} |E(x, y) \cdot R(x+xs, y+ys)|$$

$$(X_{Ra} - X_{Ea} \leq xs \leq X_{Rb} - X_{Eb})$$

$$(Y_{Ra} - Y_{Ea} \leq ys \leq Y_{Rb} - Y_{Eb})$$

[0105] What is necessary is just to perform expansion processing as shown by drawing 28 - drawing 30, in using the evaluation values Fa or Fb . However, when performing expansion as shown in drawing 29, it expands about the both sides of the maximum of the maximum of a positive value, and a negative value, and what takes a bigger value by calculation of an inner product is chosen.

[0106] When the evaluation value $F0$ is compared with the evaluation values Fa and Fb , since data are Scala, the evaluation value $F0$ is fit for high-speed processing. On the other hand, the evaluation values Fa and Fb are effective when shown in drawing 35. That is, since it will be set to 0 closely if the inner product of the edge vector of the vertical-line portion of a reference pattern (drawing 35 (a)) and the edge vector of the horizontal line portion of a subject-of-examination pattern picture (drawing 35 (b)) is taken when the evaluation values Fa and Fb are used, the portion of 101 and the portion of 102 match well. However, when the evaluation value $F0$ is used, since a direction judges only with an amplitude not related, there is [a possibility that the portion of 101 and the portion of 103 may match].

[0107] Next, since distinction of a line will stick [which] if Fa is used when the interval of grounds 112 and 114 is the same as the interval of wiring 111 and 113 as shown in drawing 36 when the evaluation values Fa and Fb are compared for example, a result more desirable than Fb is obtained.

[0108] In this operation gestalt, although matched by expanding the edge of a subject-of-examination pattern picture, it can also match by expanding the edge of a reference pattern instead.

[0109] Moreover, it can carry out by changing weighting with the position of the edge of a reference pattern. This is performed by the following procedures.

[0110] In drawing 37, (a) shows the example of a reference pattern and (b) shows the reference pattern (solid line) of (a), and the example of a subject-of-examination pattern picture (dotted line). Although the reference pattern shown in drawing 37 (a) is a periodic pattern, there is an one-place crevice. Since it is in agreement except the portion of a crevice even if both patterns have shifted as shown in drawing 37 (b) in case matching with such a reference pattern and a subject-of-examination pattern picture is performed, the evaluation value of matching will become high. Then, when weighting of the portion of this crevice is enlarged and the crevice between subject-of-examination pattern pictures and the crevice between reference patterns are not in agreement, it is possible to make it a matching evaluation value fall greatly.

[0111] As a procedure of weighting, it asks for the period of a pattern by the correlation method first. Next, it asks for what is not in the pattern which is in the pattern of even if it compares the pattern of a basis with the pattern shifted a round term, and was shifted the term 1 round. And the pattern for which it asked is recognized as a unique pattern, and the degree (weighting) which contributes to matching from the other pattern is strengthened. In order to express the degree which contributes, an experience value (1 or more) is used for the amplitude of a reference pattern. This value has the effective ratio of the unique pattern in [fixed value or fixed value / all] a pattern etc.

[0112] It matches, and if shift-amount S1= (xs, ys) which takes the greatest evaluation value can be found, only the part of S1 will shift a reference pattern. Future processings are performed where this shift is performed.

[0113] A shift amount S1 can be outputted to display 5 and a printer 6 as an inspection result.

[0114] After matching finishes, binary-ization of a subject-of-examination pattern picture is performed. Binary-ization is performed about an edge amplitude by attaching judgment of existence by one of the edge-detection parameters in a recipe (threshold). There is also the method (the p tile method) of making binary the edge picture of a subject-of-examination pattern picture so that number of pixels xp (0.9 to about [Usually] 1.1) equivalent to the edge of a reference pattern may be set to 1 as the method of binary-izing. What is necessary is just to set up an above-mentioned threshold or p as a parameter of (R3).

[0115] (1st inspection) Next, the Banking Inspection Department 12 conducts 1st inspection. Specifically, calculation of pattern deformation and defective detection are performed.

[0116] The Banking Inspection Department 12 performs matching with the edge of a subject-of-examination pattern picture, and the edge of a reference pattern first (Step S318).

[0117] The position of an edge is treated in subpixel precision. Therefore, the distance between edges is also acquired in subpixel precision. About a direction, it is determined as a value of 0 - 360 degrees, using the right as 0 times, for example.

[0118] The edge pixel of the subject-of-examination pattern picture which is in the distance of the permission pattern deformation equivalent to (R2) about each edge pixel of a reference pattern is looked for. And a direction difference with the edge of a reference pattern matches the following [the permission direction difference of the edge of (R2)] as an edge in permission deformation in the detected edge. That is, in this operation gestalt, it is matching in consideration of the distance of the edge of a subject-of-examination pattern picture and the edge of a reference pattern which matched, and the direction of both edges. It can use for the vector d between both the matched edges (x y) calculating pattern deformation.

[0119] In addition, when two or more candidates of matching exist, distance is small, and gives priority to and matches a candidate with a small direction difference.

[0120] Drawing 38 is drawing showing the example of matching with the edge of a subject-of-examination pattern picture, and the edge of a reference pattern. In drawing 38, in order to show a direction, the arrow shows the edge. In the example of drawing 38, it is matching in each pixel

containing the edge of a reference pattern by looking for the edge of a subject-of-examination pattern picture in the direction perpendicular to the direction of an edge from the center of the edge of a reference pattern. Both edges are matched if the edge of the subject-of-examination pattern picture whose difference of a direction distance is in permission pattern deformation, and is below the permission direction difference of an edge is found. Since the vector d between both the matched edges (x, y) is reference, drawing 38 is shown.

[0121] In drawing 39, (a) shows the example of the edge of a reference pattern and (b) shows the example of the edge of the subject-of-examination pattern picture corresponding to the reference pattern of (a). The example of matching of both edges is explained using drawing 39. In this example, permission pattern deformation is considered as 1 pixel. Moreover, the permission direction difference of an edge is made into 60 degrees. For example, when the edge of the subject-of-examination pattern picture corresponding to the edge 81 of a reference pattern is looked for, an edge 68 is in the distance of the permission pattern deformation of an edge 81, and since the difference of a direction is below the permission direction difference of an edge, the edge corresponding to an edge 81 is presumed. Also about the edge 84 of a reference pattern, an edge 70 is authorized as a corresponding edge of a subject-of-examination pattern picture. At this time, there is no edge 61 into the distance of permission pattern deformation about the edge 82 of a reference pattern. There is no edge 64 into the distance of permission pattern deformation, and its direction difference is also larger than the permission direction difference of an edge. Although edges 66 and 69 are in the distance of permission pattern deformation, its direction difference is larger than the permission direction difference of an edge. Therefore, the edge corresponding to an edge 82 is not found. Similarly it is not found about an edge 83.

[0122] In addition, although the example of drawing 39 is the method of not distinguishing the inside or the outside of a pattern and it is the case where a direction has only the value which is $0 - 180$ degrees, it is also possible to consider as the technique of distinguishing the inside and outside of a pattern. For example, if it determines that the direction of an edge will surely set the pattern inside to the right hand, drawing 39 (a) becomes like drawing 40, and can perform matching more strictly.

[0123] Next, the Banking Inspection Department 12 performs defective detection (Step S320). When a defect is detected, defective information (here a defective position, size information, and a picture) is outputted to the defective kind recognition section 14 (Step S 322-324).

[0124] The defective kind recognition section 14 calculates characteristic quantity from the picture which judged the defective kind, namely, (Step S326) was given based on defective information and the information on the defective kind reference database 23, collates with the characteristic quantity of the picture accumulated at the defective kind reference image database, and judges a defective kind. The defective kind recognition section 14 outputs defective information and a defective kind to display 5 and a printer 6 through the output section 13 (Step S328). Here, the defective kind reference database 23 registers the already acquired picture for every defective kind.

[0125] The technique (the recognition technique A) of recognizing a field from the edge of the subject-of-examination pattern picture which has not been matched as the technique of recognizing a defective field, and recognizing this as a defective field can be considered. This is effective in the defective detection with the clear edge. However, to the defective detection with a not clear edge, since it is weak, in such a case, the technique (the recognition technique B) a field is recognized to be from the edge of the matched subject-of-examination pattern picture, and the distribution of the pixel brightness value in the field recognizes an un-uniform portion to be as a defective field is suitable. That is, the unusual shell defect of a brightness value distribution is recognized.

[0126] By the recognition technique A, the pixel of the edge (for example, the edges 61-67 of drawing 39 (a), 69 and 75) of the subject-of-examination pattern picture whose matching was not completed is recognized as a defect. The Banking Inspection Department 12 expands these pixels, and connects pixels. The processing called morphology as processing which expands such a bit map (binary-ized picture) is known. Next, it solidifies and the pixel connected by labeling processing is recognized as one field, respectively. It is the method of writing in the value same to the pixel connected about 4 and about 8 here as labeling processing, and generating a connection pixel group. By giving another value to the pixel which has not been connected, a connection pixel group is distinguishable. It considers as a foreign matter in the unit separated as this lump's field, and the appearance is

recognized. An inside pixel is smeared away by paint processing from an appearance. The center of gravity of a defect and a size are calculated by making these pixels into a defect.

[0127] By the recognition technique B, the edge of the subject-of-examination pattern picture to which matching was carried out is connected, and it considers as a field. It asks for the portion except the boundary (edge) as a lump of a pixel in the inside-and-outside field, respectively. About the inside-and-outside field of the lump of the pixel, a pixel brightness value is calculated from the subject-of-examination pattern picture acquired first. If these values do not have a defect, it is expectable to make a normal distribution. That is, it is possible to apply the quality control-technique and to detect a defective pixel. When normal, there must be little change of brightness in each of an inner field and an outside field. Therefore, among the above-mentioned fields in a subject-of-examination pattern picture, the distribution of brightness can detect an un-uniform field and can recognize this field as a defective field. The obtained defective pixel is recognized as a lump and the center of gravity and a size are calculated.

[0128] Drawing 41 is drawing showing the example of a subject-of-examination pattern picture. A dashed line 201 shows the edge of a subject-of-examination pattern picture. the solid lines 202 and 203 of both the sides of a dashed line 201 — an edge — specification ***** — it is a segment and the portion surrounded as solid lines 202 and 203 is recognized to be an edge field The brightness value inside [205] a ground 204 and a pattern makes a normal distribution about.

[0129] As shown in drawing 42 , the portion D which exceeded the 3σ grade has high possibility of being a foreign matter. Although a noise is also contained in D, while a noise exists comparatively uniformly in a field, a foreign matter becomes hard and it exists. The binary-ized map which set to 0 the pixel which has 1 and the other brightness value for a pixel with the brightness value of D is created. The lump (for example, lump 207 of the pixel of drawing 41) of a pixel with one below the specified size (for example, 2x2 pixels) is eliminated. The Median filter and a morphology filter can be used. This size is an experience value in consideration of the size of a foreign matter to detect. It is considered that the lump (for example, lump 206 of the pixel of drawing 41) of a pixel with 1 which remained is a foreign matter.

[0130] The defective kind recognition section 14 can perform defective kind automatic classification as follows. That is, the geometric characteristic quantity of the lump of the pixel recognized to be a defect is obtained. if the geometrical feature of defects — it is round and is long and slender — can be grasped by this and it is round — a foreign matter — a scratch etc. and judgment can be attached if long and slender The pixel recognized to be a defect is classified into three portions of the inside of a pattern, an outside, and a boundary. The characteristic quantity using the pixel brightness value of the subject-of-examination pattern picture acquired first is obtained for every portions of these. When being judged as a foreign matter from geometric characteristic quantity with the characteristic quantity obtained here, judgment of whether the foreign matter is a piece of a metal or to be the organic substance (for example, human being's dirt) can be attached. That is, if a foreign matter is a metal, since reflection is strong, it is bright, and if it is the organic substance, I hear that it is dark and a kind can be distinguished. Moreover, when change of the brightness of the pixel which is in the interior of a pattern and has been recognized to be a foreign matter is large, the foreign matter concerned is judged that possibility of existing on a pattern is high, and when change of brightness is small, the foreign matter concerned is conversely judged that possibility of existing under a pattern is high. This is difficult processing by the conventional die two die method. Such characteristic quantity is used and a defective kind is judged by the classification known well. The technique which distinguishes by performing comparison with a defective kind reference image database by k curtate-distance method as the classification is effective.

[0131] According to the method of this invention using a design data, although such defective kind automatic classification is a method according to ADC (Automatic Defect Classification) of the optical method currently held conventionally and a SEM method, since distinction of the interior and the exterior of a pattern sticks clearly, the characteristic quantity of each portion is caught correctly and its classification precision improves.

[0132] Next, the Banking Inspection Department 12 calculates pattern deformation from the relation of the edge of a subject-of-examination pattern picture and the edge of a reference pattern which matched (Step S330). Pattern deformation is calculated about the portion in which a defect was not

detected as a result of defective detection. And pattern deformation is outputted to display 5 and a printer 6 through the output section 13 (Step S332).

[0133] As pattern deformation, the pattern deformation obtained from the whole picture and the pattern deformation obtained for every attribute of a pattern can be considered.

[0134] As pattern deformation obtained from the whole picture, the amount of position gaps, the amount of scale-factor change, and line breadth grow fat, and an amount can be considered, for example.

[0135] The amount of position gaps is calculated as the average of the vector d between the matched edges (x, y) . This serves as the shift amount (the amount of amendments) $S2$ in the subpixel precision of $S1 = (x_s, y_s)$. Matching in subpixel precision can be performed by shifting the reference pattern shifted by matching by the pixel measure based on this shift amount $S2$ by the amount of amendments.

[0136] In order to calculate the amount of scale-factor change of x directions, x components of the vector d about a lengthwise reference pattern (x, y) are approximated by regression line $D(x)$, and it asks for a regression line. And let the inclination of a regression line be the amount of scale-factor change of x directions. The same is said of the amount of scale-factor change of the direction of y .

[0137] In drawing 43, (a) shows the example of the edge (dashed line) of a reference pattern, and the edge (solid line) of a subject-of-examination pattern picture, and (b) shows the example which approximated x components of the vector d in $y=y_0$ between the edges shown in (a) (x, y_0) by regression line $D(x)$. When x components of Vector $d(x, y_0)$ are approximated by regression line $D(x) = ax + b$, inclination a is equivalent to the amount of scale-factor change. In the example of drawing 43 (a), it turns out that the pattern of a subject-of-examination pattern picture is larger than a reference pattern to the whole.

[0138] In drawing 44, (a) shows example with another edge (dashed line) of a reference pattern and edge (solid line) of a subject-of-examination pattern picture, and (b) shows the example which approximated x components of the vector d in $y=y_0$ between the edges shown in (a) (x, y_0) by regression line $D(x)$. In addition to the pattern of a subject-of-examination pattern picture being larger than a reference pattern to the whole, in the example of drawing 44 (a), the width of face of a line (line) is fat. In drawing 44 (a), the lines (wiring) 121, 122, and 123 of a reference pattern correspond to the lines 124, 125, and 126 of the pattern of a subject-of-examination pattern picture, respectively.

[0139] The line breadth of x directions grows fat and an amount can be calculated as the average of $\text{sign}(x, y_0) - \{x \text{ component} - D(x) \text{ of } d(x, y_0)\}$. Here, $\text{sign}(x, y_0)$ will take -1 , if the position of (x, y_0) is at the left end of a line, and if it is at the right end of a line, it will take 1 . In addition, if line breadth grows fat and it asks for distribution of $\text{sign}(x, y_0) - \{x \text{ component} - D(x) \text{ of } d(x, y_0)\}$ about an amount, the dispersion index of line breadth will be obtained.

[0140] Next, the pattern deformation obtained for every attribute of a pattern is explained. As an attribute of a pattern, a corner 171, the long wiring 172, a nose of cam 173, the isolated pattern 174, etc. can be considered (drawing 45). As pattern deformation about the attribute of a pattern, the above-mentioned amount of position gaps, the amount of scale-factor change, and line breadth grow fat, and the deformation of characteristic quantity, such as area besides an amount, a boundary length, circularity, the moment, and radius of curvature, can be considered, for example.

[0141] The attribute of a pattern can be automatically added to a reference pattern. However, hand control can also perform addition of an attribute. The rule for adding the attribute of a pattern (extraction) is set up as (R4) at the time of recipe creation.

[0142] Drawing 46 is drawing showing the amount of position gaps at a nose of cam. The amount of position gaps at a nose of cam is the distance (it is perpendicularly to the edge of a reference pattern) from the edge 164 of a reference pattern to the edge 163 of a subject-of-examination pattern picture, as shown in drawing 46 (a). As an amount of position gaps at a nose of cam, the distance of the point near the edge 164 of a reference pattern and the edge 164 of a reference pattern can be measured in the edge 163 of a subject-of-examination pattern picture.

[0143] Moreover, as shown in drawing 46 (b), it is good also considering the average of the distance which carried out the multiple measurement about the section 157 with arbitrary width of face, maximum, the minimum value, a median, standard deviation, etc. as an amount of position gaps at a

nose of cam.

[0144] In drawing 46, although the amount of position gaps at a nose of cam was explained, the amount of position gaps can be similarly measured about a part for the bond part of long wiring, a corner, an attribute, and an attribute. Moreover, a corner can measure the amount of position gaps in a direction with the half angle or the specified half angle of the angle which a corner accomplishes, for example.

[0145] Drawing 47 is drawing showing the amount of position gaps of the center of gravity of an isolated pattern. The amount of position gaps of the center of gravity is the amount of position gaps of the center of gravity 162 of the edge 160 of a reference pattern (an isolated pattern is constituted), and the center of gravity 161 of the edge 159 of a subject-of-examination (isolated pattern is constituted) pattern picture.

[0146] Moreover, in drawing 47, it is possible to measure the deformation of the characteristic quantity (area, a boundary length, circularity, moment, etc.) of an isolated pattern. That is, it is possible to measure the difference between the characteristic quantity of the edge 160 of a reference pattern, and the characteristic quantity of the edge 159 of a subject-of-examination pattern picture.

[0147] In drawing 48, (a) shows the example of the corner of the edge of a reference pattern, and (b) shows the example of the corner of the edge of a subject-of-examination pattern picture. The processing which gives a radius of circle is made at the corner of the edge 166 of a reference pattern shown in drawing 48 (a). As radius of curvature of a corner, the major axis, minor axis, or radius acquired by carrying out the least squares approximation of the curve of a corner with an ellipse or a circle can be used, for example. The deformation of the radius of curvature of a corner can be calculated by asking for the radius of curvature of the corner of the edge 166 of a reference pattern, and the radius of curvature of the corner of the edge 165 of a subject-of-examination pattern picture.

[0148] the above inspection — every one place — respectively — not carrying out — two or more parts of 1 image-pick-up within the limits (inside of a visual field) — receiving — being simultaneous (by one-time image pick-up) — it is possible for it to be also adapted

[0149] An inspection item is chosen according to pattern deformation (R1) to ask for an above-mentioned recipe item.

[0150] As for the extraction rule (above-mentioned (R4)) of the attribute of a pattern, various **** explain the example according to drawing 45. A corner is extracted as near the contact of two segments which contact at predetermined angles (90 degrees, 270 etc. degrees, etc.). Long wiring is extracted as two concurrent segments which had length interval detached building ***** for line breadth, and more than the specified length. A nose of cam is a segment with the length of line breadth, and is extracted as a portion which is in contact with the ends with the angle other segments of whose more than predetermined length are 90 degrees. An isolated pattern is extracted as a closed figure below predetermined area.

[0151] (The 2nd edge detection) The Banking Inspection Department 12 detects an edge again from a subject-of-examination pattern picture about the portion in which a defect was not detected as a result of defective detection (Step S334).

[0152] The edge detection of a subject-of-examination pattern picture is performed by asking for a profile on a subject-of-examination pattern picture based on the 2nd reference pattern. Here, as the 2nd reference pattern, the reference pattern at the time of considering the position of the point Q of drawing 53 to be an edge is used. On the other hand, as the 1st reference pattern, when it is a picture only with the above-mentioned bright (B) edge, the reference pattern at the time of considering the position of Point P to be an edge is used, for example. Therefore, generally the 2nd reference pattern and 1st reference pattern differ from each other.

[0153] Before performing the edge detection of a subject-of-examination pattern picture, only the above-mentioned part of shift-amount S1+S2 shifts the 2nd reference pattern. Future processings are performed where this shift is performed.

[0154] Although the various indications of a threshold method, the straight-line approximation, etc. are carried out in order to ask for an edge position from a profile, with this operation gestalt, the line breadth length measurement currently performed by CD-SEM is applied to the two-dimensional

pattern (subject-of-examination pattern picture) using the threshold method in it. However, even if it transposes a threshold method to options, such as a straight-line approximation, it can be processed similarly. Here, a straight-line approximation is a method of approximating a profile in a straight line and pinpointing an edge position using an intersection.

[0155] Two kinds of ways can be considered in an edge detection. One of them is the method of setting up beforehand the direction and position which take a profile to the 2nd reference pattern.

[0156] In this operation gestalt, in setting up the profile acquisition section beforehand, it carries out as mentioned above at the time of recipe creation. In this case, the flag of whether for the profile (R6) acquisition section of an above-mentioned recipe item to be made adjustable, and to determine at the time of measurement is made off, and the profile acquisition section will be beforehand set up to the 2nd reference pattern.

[0157] Based on the length of the profile acquisition section of (R5), and the interval of the profile acquisition section and the profile acquisition section, the section (profile acquisition section) which acquires a profile is set as the perpendicular direction of the 2nd reference pattern by making the 2nd reference pattern into the middle point, as shown in drawing 49 (double line in drawing). As the 2nd reference pattern shown in drawing 49 was already explained using drawing 7, the amendment which rounds a corner portion is made. Moreover, instead of the 2nd above-mentioned reference pattern, as shown in drawing 50, it is also possible to use the curve (drawing solid line) which forms the appearance of the exposure pattern obtained by RISOSHIMYURETA.

[0158] As the 2nd edge-detection processing, a profile is created based on the interval which investigates a brightness value in the profile acquisition section of (R5) in the position (section) corresponding to the above-mentioned profile section in a subject-of-examination pattern picture. The interval is usually made into the any value below a pixel interval, and makes the length of the profile section arbitrary length longer than the deformation permissible dose of a pattern. A profile is created using technique, such as congruence linear interpolation, spline interpolation, and Fourier series.

[0159] Drawing 51 is drawing which expanded a part of drawing 49 (portion of B), and drawing 52 is drawing which expanded a part of drawing 51 (portion of C). The double line in drawing is the profile acquisition section, and the position where the intersection of a grid investigates the position of a pixel and a sunspot investigates the brightness value of a subject-of-examination pattern picture is shown.

[0160] The brightness value I of the pixel indicated to be a congruence linear interpolation method by illustration (1 (1 (0 (0 0) 1) 0) 1) (0 0) The brightness value $I(x, y)$ of the point in a position (x, y) , and $(0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1)$ is calculated in the following formula using $I(0, 1)$, $I(1, 0)$, and $I(1, 1)$.

[0161]

[Equation 4] $I(x, y) = [I(0, 0)(1-x) + I(1, 0)x](1-y) + [I(0, 1)(1-x) + I(1, 1)x]y$ [0162] From the profile obtained by this, it is adapted in a threshold method and the 2nd edge position is determined. As shown in drawing 53, it asks for the maximum brightness value V and position P in the obtained profile. The numeric value to which the coefficient k beforehand specified to be the maximum brightness value V was applied is set to threshold T , and it asks for the intersection of the straight line of brightness value = threshold T , and a profile curve. On these intersections, it is in the direction of an outside of a pattern from Point P , and asks for the intersection Q near Point P . About all profiles, it asks for this intersection Q and considers as the 2nd edge position.

[0163] A coefficient k plays the role which determines the 2nd edge position. That is, since the cross-section configuration of the actual wiring formed in the wafer makes a trapezoidal shape, a coefficient k can adjust whether it carries out by managing the edge position by the trapezoid surface, carrying out in the lower side, or pars intermedia.

[0164] If it asks for an above-mentioned edge, curvilinear approximation (polygon approximation is included) will be performed based on them, and it will ask for the 2nd edge. Although the simplest method is the method of only connecting as the polygonal line, the following methods can be used as a method of connecting smoothly using a least squares method. Namely, T.Pavlidis and S.L.Horowitz as shown in drawing 54 (a): "Segmentation of plane curves", and IEEE Trans.on Computers, vol.C-23, no.8 Aug. and the division uniting method indicated by 1974 can be used. The curvilinear approximation by smoothing of the flat-surface data using a least squares method and a two-

dimensional spline function as shown in drawing 54 (b) besides this can also be used. There is no flexibility in a thing including many configurations which were round although the former could be processed at high speed. On the other hand, the latter has the property which fulfills rapidity and has flexibility. Besides these, various kinds of methods, such as a method by the Fourier descriptor, are indicated, and these can also be replaced.

[0165] The above curvilinear approximation can be performed after performing the 1st edge detection.

[0166] Next, there is the method of making the profile acquisition section adjustable and determining as another different way from this, at the time of an edge detection. That is, as shown in drawing 55 (a), it is the method of setting the profile acquisition section as the perpendicular direction of the 1st edge of the detected subject-of-examination pattern picture. Though according to this method the 1st edge (solid line) of a subject-of-examination pattern picture has shifted from the 2nd reference pattern (dotted line) as shown in drawing 55 (b), the profile acquisition section can be pinpointed, and an edge can be detected. This method tends to follow deformation of a pattern compared with an above-mentioned method. After a setup of the profile acquisition section performs the same processing as an above-mentioned method.

[0167] The result of the 2nd edge detection can be outputted to display 5 and a printer 6.

[0168] The 2nd detected edge can be made into the edge vector for every pixel using the method explained using drawing 12. This edge vector is equivalent to the edge vector acquired by the binary-ized processing obtained before the 1st inspection.

[0169] (2nd inspection) The Banking Inspection Department 12 conducts 2nd inspection after the 2nd above edge detection (Step S336).

[0170] This inspection is the same processing as the 1st above-mentioned inspection, and performs defective detection, and pattern deformation is calculated. The amount S3 of position gaps about the whole picture searched for here (shift amount) corresponds to above-mentioned S2. What added above-mentioned S1 and above-mentioned S2 to S3 calculated here serves as all shift amounts between the 2nd reference pattern and the pattern of a subject-of-examination pattern picture.

[0171] An inspection result is outputted to display 5 and a printer 6 through the output section 13 (Step S338).

[0172] When all inspection unit fields are followed in the above processing, inspection processing is ended, and when that is not right, it returns to Step S308 (Step S340).

[0173] (Other inspection) low — a part of twice picture — electromagnetism — like — high — the case of SEM with the function observable by the twice picture — high — the pattern into which it has not gone by the twice picture is also measurable namely, — high — the edge position obtained by the twice picture — low — it means that it is correctly convertible for the edge position obtained by the twice picture You may realize the same relation as this on a high precision stage. for example, drawing 56 — setting — the positions 182 and 183 on the pattern 181 of a subject-of-examination pattern picture — respectively — high — if it changes into the position on the low twice picture 187 and asks for the width of face 186 of the pattern 181 of a subject-of-examination pattern picture, after asking by the twice pictures 184 and 185 — low twice — the length can be measured with a sufficient precision rather than the time of accepting it picture 187, coming out and asking

[0174] (An inclination, scale-factor adjustment) the above inspection method — setting — the technique of pattern deformation — using — the need — responding — before inspection — or inclination of a subject-of-examination pattern picture and scale-factor adjustment can be performed at the suitable time under inspection That is, the subject-of-examination pattern picture and reference pattern of a portion suitable for adjustment are acquired. Some subject-of-examination pattern pictures which made a change of the inclination and scale factor which may serve as a candidate by affine transformation are acquired. The subject-of-examination pattern picture and reference pattern which were obtained are compared, and a subject-of-examination pattern picture with the smallest pattern deformation is chosen. The inclination to the selected subject-of-examination pattern picture and a scale factor are registered as an amount of amendments. You may change to the method which does not apply affine transformation to a subject-of-examination pattern picture, but applies affine transformation to a reference pattern.

[0175] In addition, affine transformation means the primary conversion using the coefficient of a to f.

[0176]

[Equation 5] $X = ax+by+c$
 $Y = dx+ey+f$ [0177] If information, such as a statistic of the deformation of the pattern obtained by the inspection method of the above-mentioned this invention, the position of a defective field, size, a defective kind, in addition pattern deformation and a picture, is used, analysis of optimization parameters, such as analysis of the degree of influence to the circuit of a defective field, analysis of the degree of influence to the circuit in an order process, and exposure conditions, can be enabled.

[0178] The pattern test equipment concerning this operation gestalt will be considered to be also equipment which performs pattern matching if the portion which outputs a shift amount is observed.

[0179] As mentioned above, although an example of this invention was explained, otherwise, various kinds of deformation is possible. For example, it is easy to transform image data [finishing / acquisition] into the off-line input-process formula which went via LAN, such as Ethernet, through external input devices, such as a magneto-optics disk and a magnetic tape. Moreover, after inspecting the typical die in a wafer by the method of this invention, other dies can also be considered as hybrid technique which is inspected by die two die comparison. Furthermore, other methods are sufficient as the picture generating method, and not only CAD but other things are sufficient as a design data. In this operation gestalt, although the inspection result etc. is outputted to display 5 and the printer 6, you may make it output to an image database, a simulator, a record medium, etc., and may be made to transmit to other computers through a network (output).

[0180]

[Effect of the Invention] As explained above, the compare check of this invention *****, a subject-of-examination pattern picture, and a reference pattern can be conducted by the real time.

[0181] Moreover, it can match by permitting the configuration difference within the limits permitted electrically.

[0182] Moreover, stable defective detection can be performed.

[0183] Furthermore, the automatic operation of the measurement of a two-dimensional pattern (subject-of-examination pattern picture) performed visually until now is attained at high speed quantitatively.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the example of the pattern on the theory based on a design data.

[Drawing 2] It is drawing showing the example of the pattern actually manufactured based on the design data.

[Drawing 3] It is drawing showing the outline of the inspection processing which the pattern test equipment concerning the operation gestalt of this invention performs.

[Drawing 4] It is drawing showing the example of hardware composition of the pattern test equipment in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the functional block diagram of the pattern test equipment in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the flow chart which shows the example of the recipe registration processing in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the example of amendment of a reference pattern.

[Drawing 8] It is drawing for explaining inspection serially.

[Drawing 9] It is drawing for explaining random inspection.

[Drawing 10] It is drawing showing the example of a reference pattern.

[Drawing 11] It is drawing showing the example which changed the reference pattern of drawing 10 into the edge vector for every pixel.

[Drawing 12] It is drawing showing the example which changed the reference pattern containing a curve into the edge vector.

[Drawing 13] It is the flow chart which shows the example of the inspection processing in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing the example of the picture (subject-of-examination pattern picture) to which contrast is attached to the interior of a pattern, and a ground.

[Drawing 15] It is drawing showing the edge detected from the picture of drawing 14.

[Drawing 16] It is drawing showing the example of a picture (subject-of-examination pattern picture) only with a bright profile.

[Drawing 17] It is drawing showing the edge detected from the picture of drawing 16.

[Drawing 18] It is drawing showing the example of the edge amplitude of a 1-dimensional subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 19] It is drawing showing the example which expanded the edge of drawing 18.

[Drawing 20] It is drawing showing the example of the amplitude of the edge of a 1-dimensional reference pattern.

[Drawing 21] It is drawing showing another example which expanded the edge of drawing 18.

[Drawing 22] It is drawing showing example with the another amplitude of the edge of a 1-dimensional reference pattern.

[Drawing 23] It is drawing showing another example which expanded the edge of drawing 18.

[Drawing 24] It is drawing showing the example of a smoothing filter.

[Drawing 25] It is drawing showing the example of the amplitude of the edge of a two-dimensional subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 26] It is drawing showing the example which expanded the edge of drawing 25.

[Drawing 27] It is drawing showing another example which expanded the edge of drawing 25.

[Drawing 28] It is drawing showing the example of the edge vector of a two-dimensional subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 29] It is drawing showing the example which expanded the edge vector of drawing 28.

[Drawing 30] It is drawing showing another example which expanded the edge vector of drawing 28.

[Drawing 31] It is another drawing which expressed the reference pattern of drawing 10 with the edge vector of a pixel measure.

[Drawing 32] It is drawing for explaining matching.

[Drawing 33] It is drawing on top of which drawing 29 and drawing 31 were laid.

[Drawing 34] It is drawing on top of which drawing 29 and drawing 31 were laid.

[Drawing 35] (a) shows the example of a reference pattern and (b) is drawing showing the example of a subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 36] It is drawing showing an example when the interval of a ground is the same as the interval of wiring.

[Drawing 37] (a) shows the example of a reference pattern and (b) is drawing showing the example of the relation between the reference pattern of (a), and a subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 38] It is drawing showing the example of the edge of the subject-of-examination pattern picture after matching, and the edge of a reference pattern.

[Drawing 39] (a) shows the example of the edge of a reference pattern and (b) is drawing showing the example of the edge of a subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 40] It is drawing showing other examples of the grant technique of direction information.

[Drawing 41] It is drawing showing the example of a subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 42] It is drawing showing the example of the distribution of frequency to a brightness value.

[Drawing 43] (a) shows the example of the edge of a reference pattern, and the edge of a subject-of-examination pattern picture, and (b) is drawing showing the example which approximated x components of the vector d in $y=y_0$ between the edges shown in (a) ($x=y_0$) by regression line $D(x)$.

[Drawing 44] (a) shows example with another edge of a reference pattern and edge of a subject-of-examination pattern picture, and (b) is drawing showing the example which approximated x components of the vector d in $y=y_0$ between the edges shown in (a) ($x=y_0$) by regression line $D(x)$.

[Drawing 45] It is drawing showing the example of the attribute of a pattern.

[Drawing 46] It is drawing showing the amount of position gaps at a nose of cam.

[Drawing 47] It is drawing showing the amount of position gaps of the center of gravity of an isolated pattern.

[Drawing 48] (a) shows the example of the corner of the edge of a reference pattern, and (b) is drawing showing the example of the corner of the edge of a subject-of-examination pattern picture.

[Drawing 49] It is drawing showing the example of the profile acquisition section.

[Drawing 50] It is drawing showing the curve which forms the appearance of the exposure pattern obtained by RISOSHIMYURETA.

[Drawing 51] It is drawing which expanded a part of drawing 49 (portion of B).

[Drawing 52] It is drawing which expanded a part of drawing 51 (portion of C).

[Drawing 53] It is drawing showing the example of a profile.

[Drawing 54] It is drawing showing the example which performed curvilinear approximation based on the 2nd edge position (point), and asked for the 2nd edge.

[Drawing 55] (a) shows another example of the profile acquisition section, and (b) is drawing showing the example of the relation between the 1st edge of a subject-of-examination pattern picture, and the 2nd reference pattern.

[Drawing 56] high — a twice picture — and — low — it is drawing showing the example which measures the length using a twice picture

[Description of Notations]

1 Main-Control Section

2 Storage

3 I/O Control Unit

4 Input Unit

5 Display

6 Printer

7 Picture Generation Equipment
11 Reference Pattern Generation Section
12 Banking Inspection Department
13 Output Section
14 Defective Kind Recognition Section
21 Basic Database
22 Recipe Database
23 Defective Kind Reference Database
61-70, 75, 81-84 Edge
101-103 Portion
111 113 Wiring
112, 114, 204 Ground
121-126 Line
151 Subject-of-Examination Pattern Picture
152 Reference Pattern
157 Section
159, 163, 165 Edge of a subject-of-examination pattern picture
160, 164, 166 Edge of a reference pattern
161 Center of Gravity of Edge of Subject-of-Examination Pattern Picture
162 Center of Gravity of Edge of Reference Pattern
171 Corner
172 Long Wiring
173 Nose of Cam
174 Isolated Pattern
181 Pattern of Subject-of-Examination Pattern Picture
182 183 Position
184 185 Quantity twice picture
186 Width of Face of Pattern of Subject-of-Examination Pattern Picture
187 Low — Twice Picture
201 Dashed Line
202 203 Solid line
205 Interior of Pattern
206 207 Lump of a pixel
251-255 Pixel
261 Center of Pixel
262 Point on Reference Pattern near Center of Pixel
263 Tangent
301-304 Inspection unit field

[Translation done.]

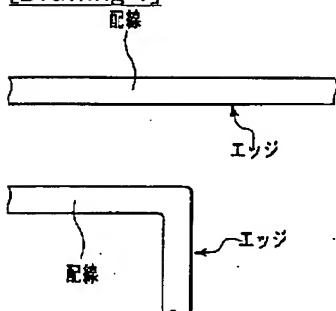
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

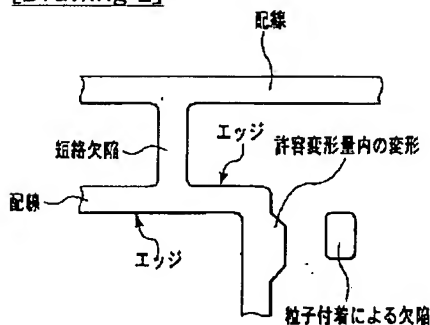
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

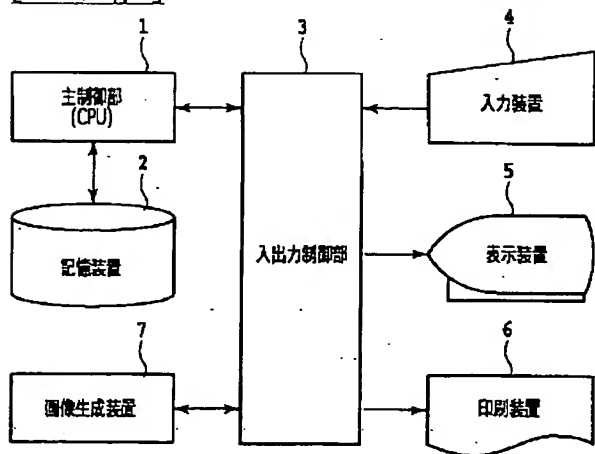
[Drawing 1]



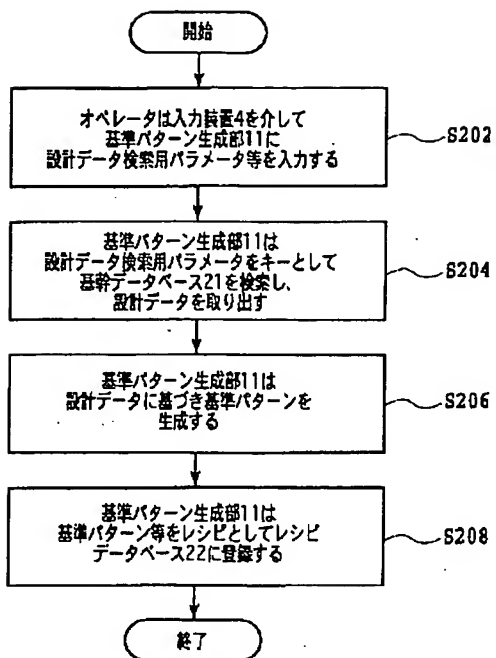
[Drawing 2]



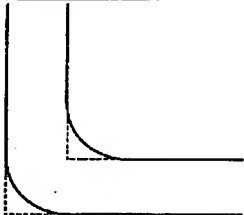
[Drawing 4]



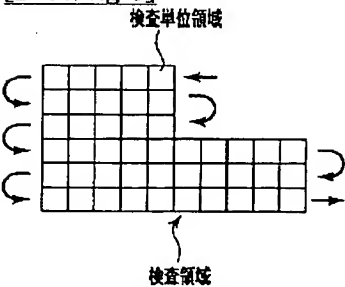
[Drawing 6]



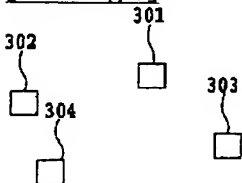
[Drawing 7]



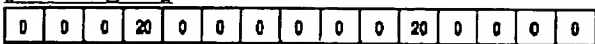
[Drawing 8]



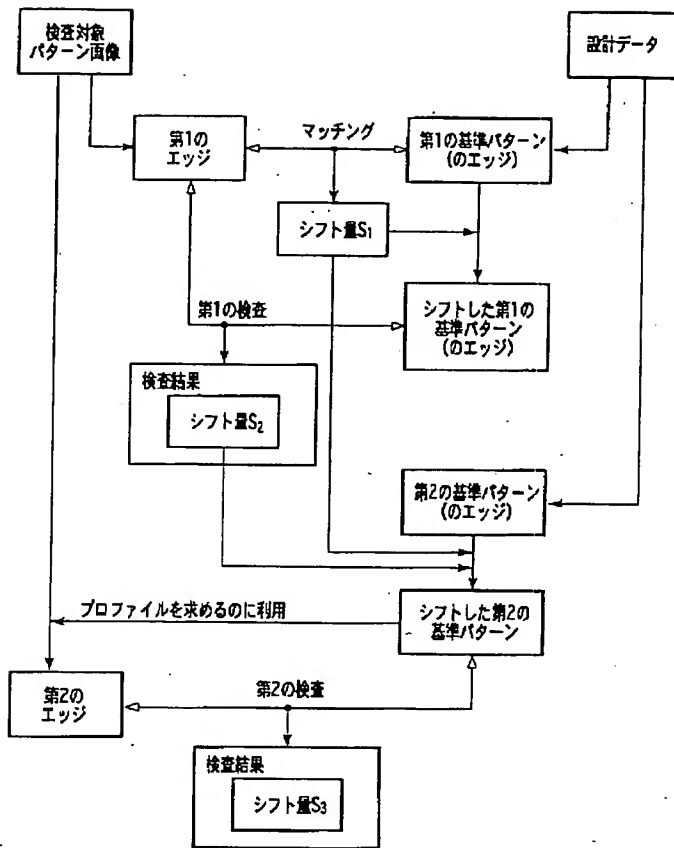
[Drawing 9]



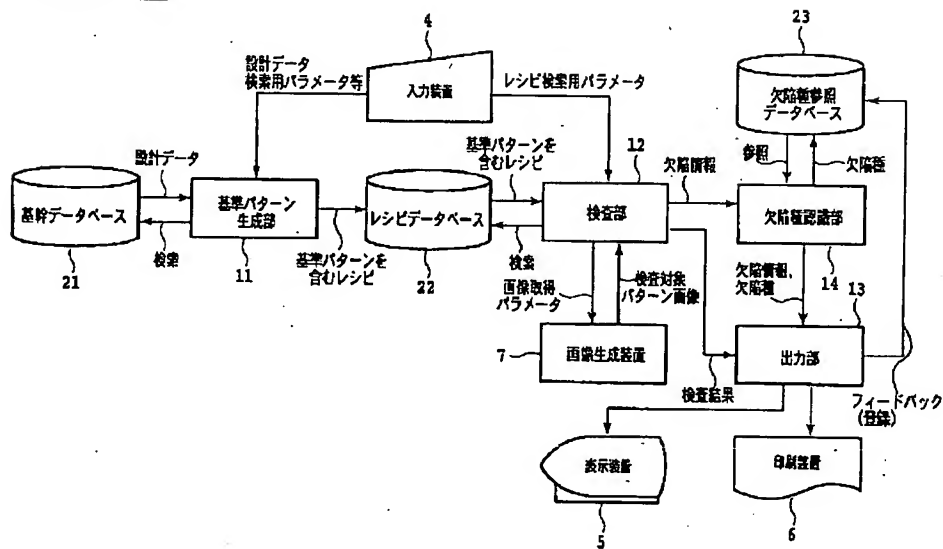
[Drawing 18]



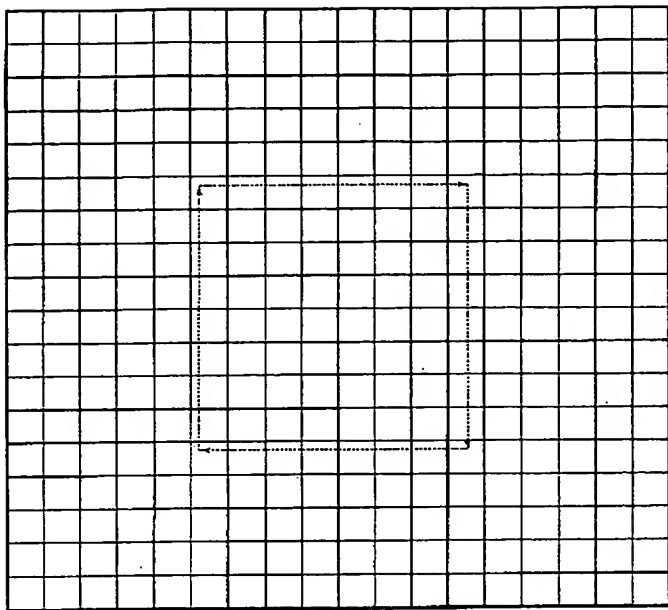
[Drawing 3]



[Drawing 5]



[Drawing 10]



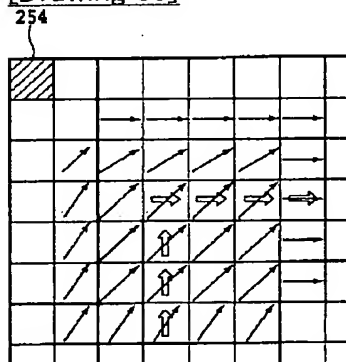
[Drawing 19]

0	20	20	20	20	20	0	0	20	20	20	20	20	0	0
---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---

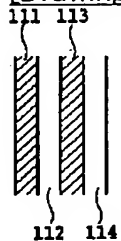
[Drawing 24]

0.5	0.9	1.0	0.9	0.5
-----	-----	-----	-----	-----

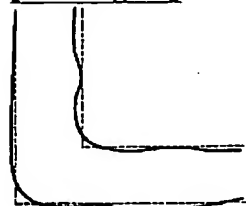
[Drawing 33]



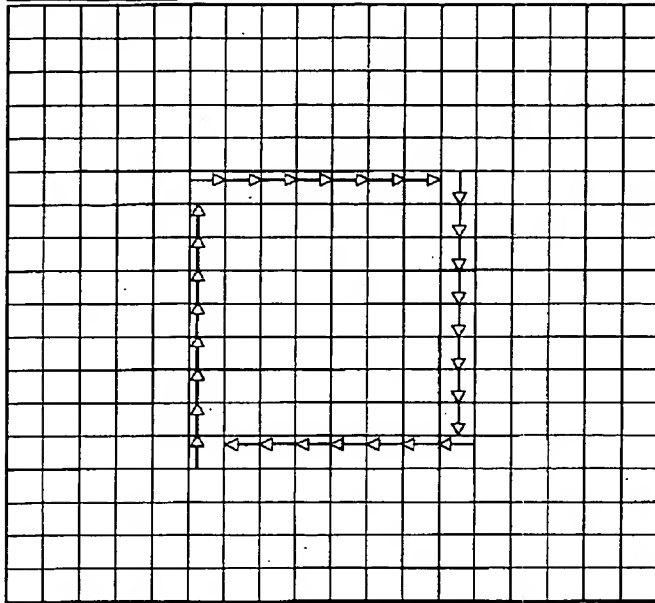
[Drawing 36]



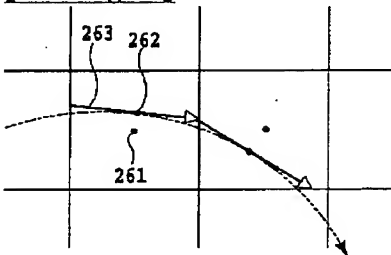
[Drawing 50]



[Drawing 11]



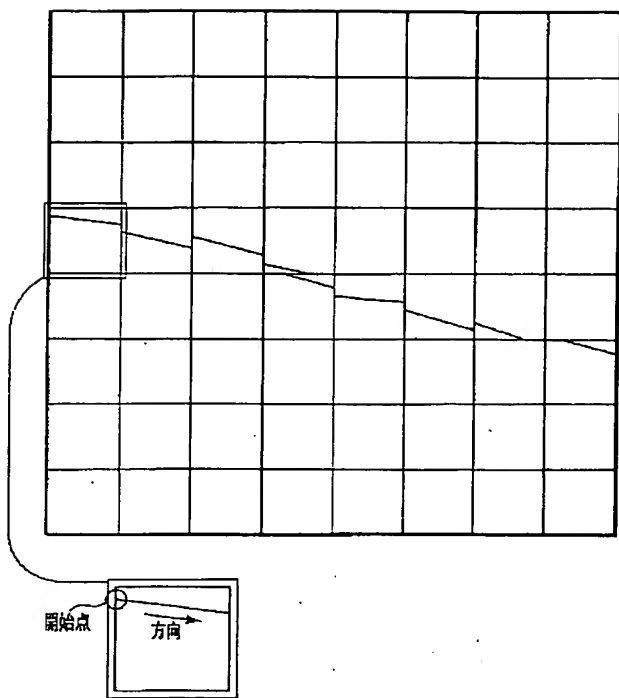
[Drawing 12]



[Drawing 14]

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
80	60	40	20	0	0	0	0
100	100	100	80	60	40	20	0
100	100	100	100	100	100	80	60
100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100

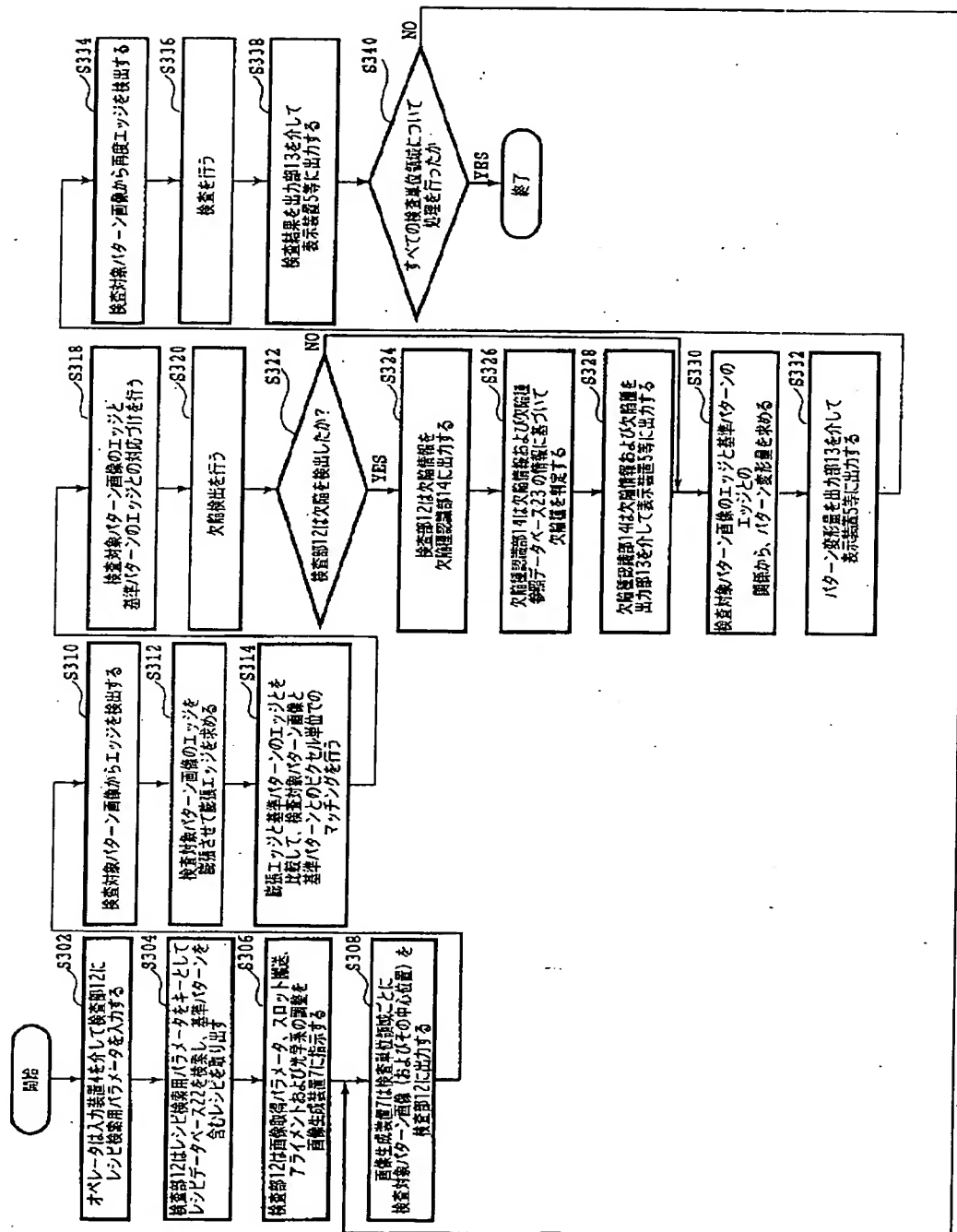
[Drawing 15]



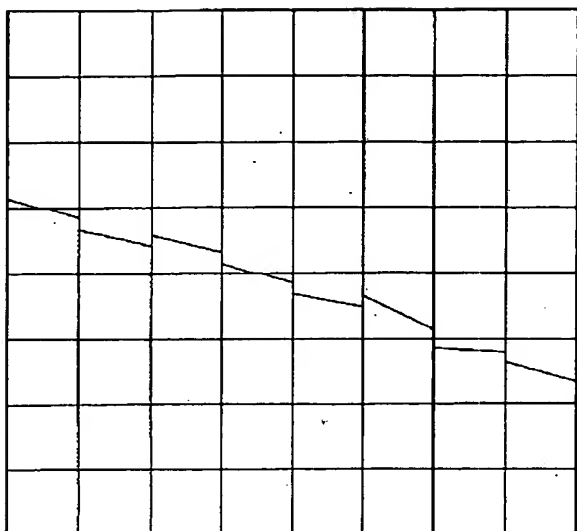
[Drawing 16]

0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
85	55	45	15	0	0	0	0	0
85	100	100	85	55	40	20	0	
15	45	55	85	100	100	60	50	
0	0	0	15	45	60	90	100	
0	0	0	0	0	0	30	50	
0	0	0	0	0	0	0	0	

[Drawing 13]



[Drawing 17]



[Drawing 20]

0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

[Drawing 21]

0	10	15	20	15	10	0	0	10	15	20	15	10	0	0
---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---

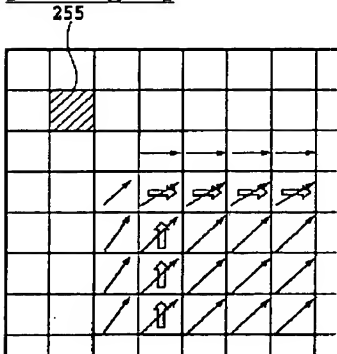
[Drawing 22]

0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

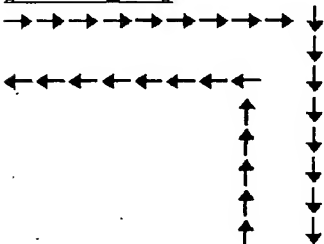
[Drawing 23]

0	10	18	20	18	10	0	0	10	18	20	18	10	0	0
---	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---

[Drawing 34]

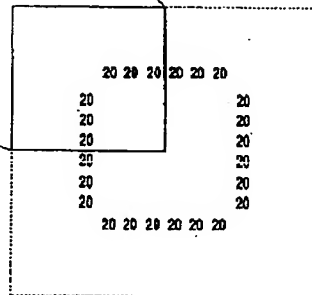


[Drawing 40]



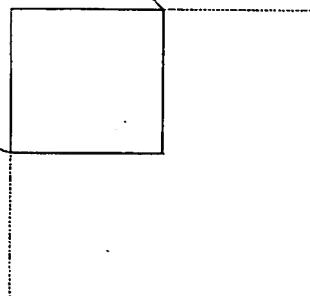
[Drawing 25]

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	20	20	20
0	0	0	20	0	0	0
0	0	0	20	0	0	0
0	0	0	20	0	0	0

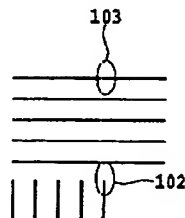
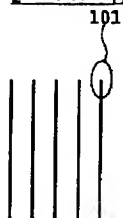


[Drawing 26]

0	0	0	0	0	0	0
0	0	20	20	20	20	20
0	20	20	20	20	20	20
0	20	20	20	20	20	20
0	20	20	20	20	20	20
0	20	20	20	20	20	20
0	20	20	20	20	20	0



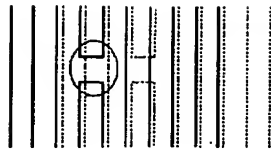
[Drawing 35]



(a)

(b)

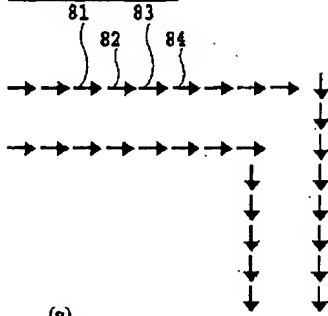
[Drawing 37]



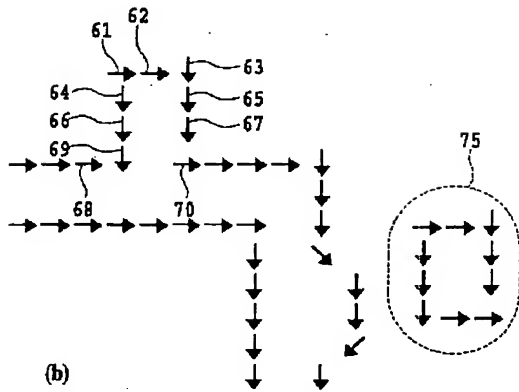
(a)

(b)

[Drawing 39]

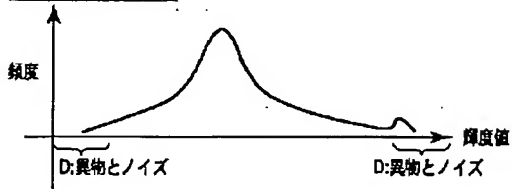


(a)



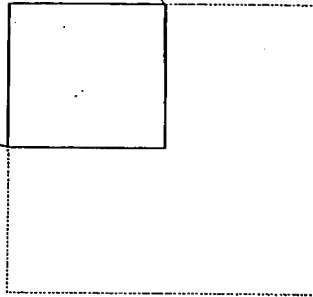
(b)

[Drawing 42]



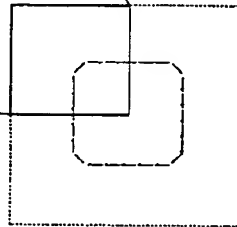
[Drawing 27]

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	4	6	9	10
0	1	5	9	14	17	18
0	4	9	15	19	21	20
0	6	14	19	23	22	18
0	9	17	21	22	17	10
0	10	18	20	18	10	0

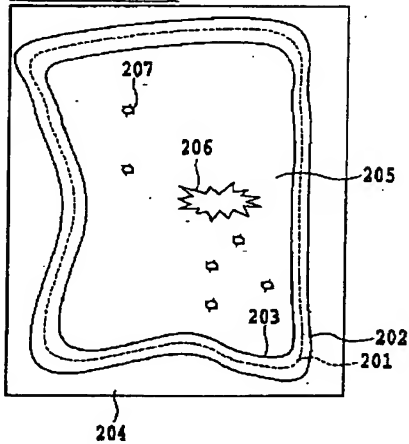


[Drawing 28]

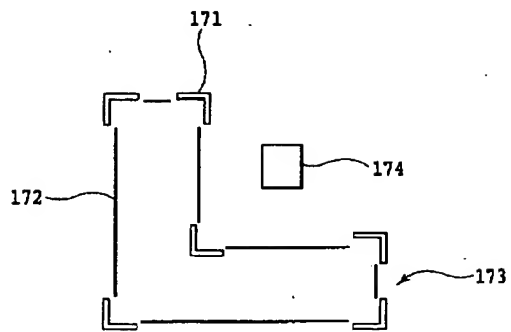
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(20,0)	(20,0)	(20,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(14,14)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,20)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,20)	(0,0)	(0,0)	(0,0)



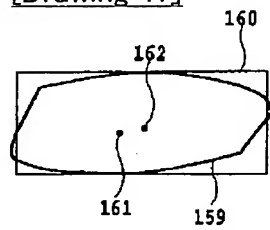
[Drawing 41]



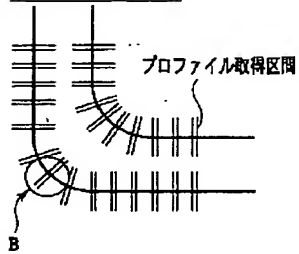
[Drawing 45]



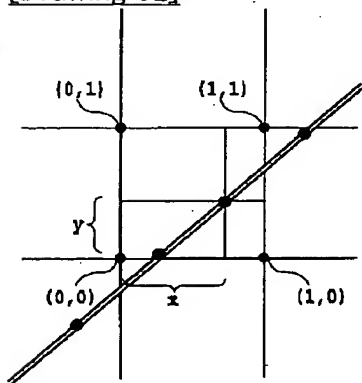
[Drawing 47]



[Drawing 49]

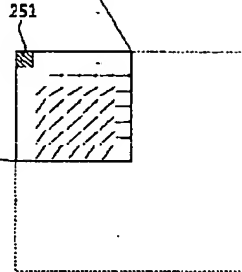


[Drawing 52]



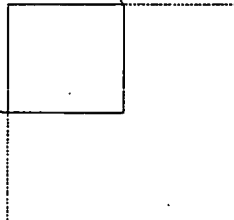
[Drawing 29]

(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(20,0)	(20,0)	(20,0)	(20,0)	(20,0)
(0,0)	(14,14)	(20,14)	(20,14)	(20,14)	(20,14)	(20,0)
(0,0)	(14,20)	(20,20)	(20,20)	(20,20)	(20,20)	(20,0)
(0,0)	(14,20)	(20,20)	(20,20)	(20,20)	(20,20)	(20,0)
(0,0)	(14,20)	(20,20)	(20,20)	(20,20)	(20,20)	(20,0)
(0,0)	(14,20)	(14,20)	(14,20)	(14,20)	(14,20)	(0,0)

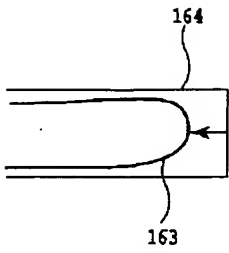


[Drawing 30]

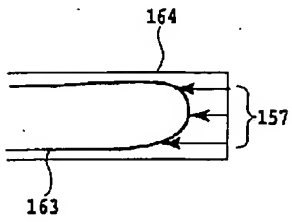
(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)	(0,0)
(0,0)	(0,0)	(1,0)	(4,0)	(6,0)	(9,0)	(10,0)
(0,0)	(1,1)	(4,2)	(9,2)	(13,2)	(17,1)	(18,0)
(0,0)	(2,3)	(6,5)	(11,6)	(16,5)	(19,3)	(20,0)
(0,0)	(2,6)	(6,10)	(10,11)	(15,10)	(18,6)	(18,0)
(0,0)	(2,8)	(4,14)	(7,16)	(9,14)	(10,8)	(10,0)
(0,0)	(1,10)	(2,17)	(2,19)	(2,17)	(1,10)	(0,0)



[Drawing 46]

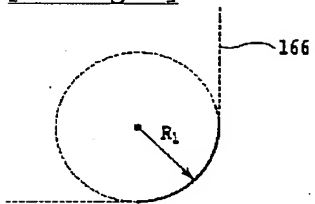


(a)

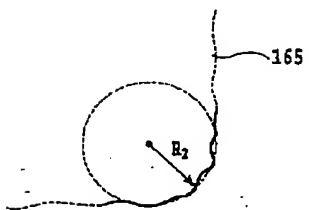


(b)

[Drawing 48]

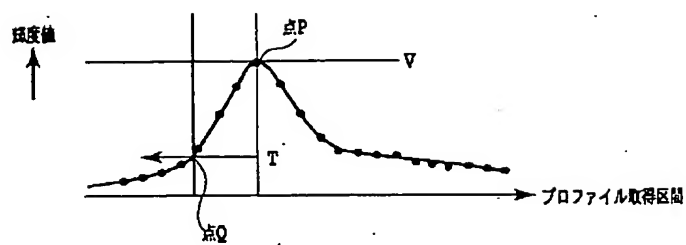


(a)

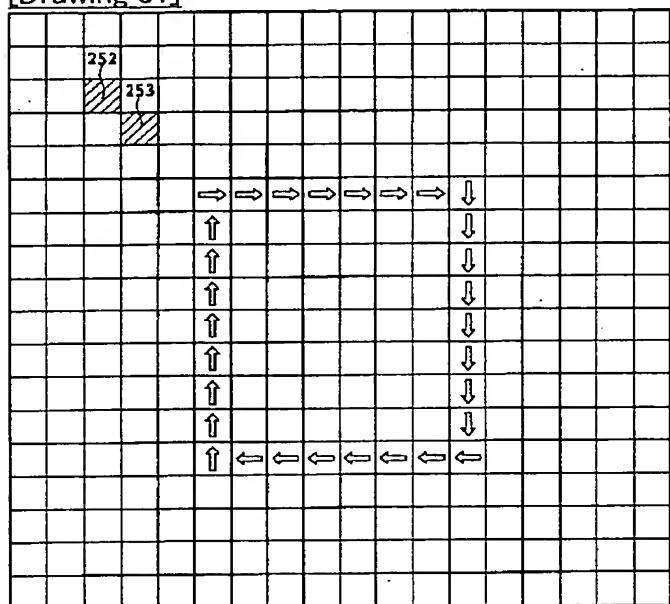


(b)

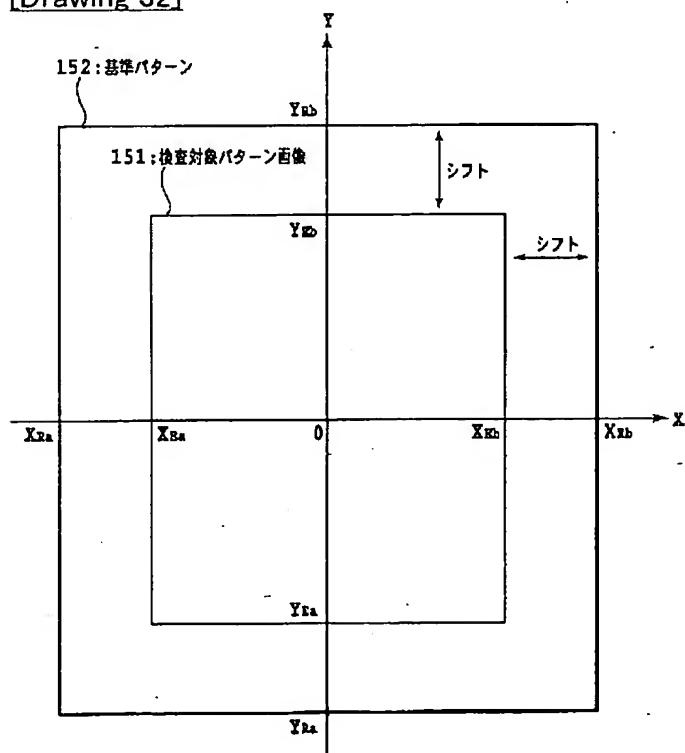
[Drawing 53]



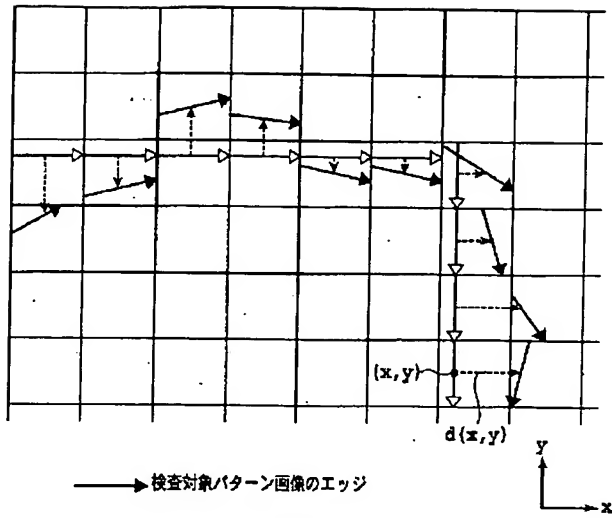
[Drawing 31]



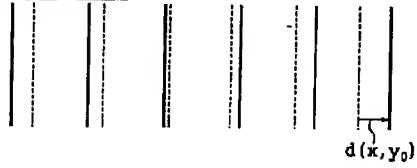
[Drawing 32]



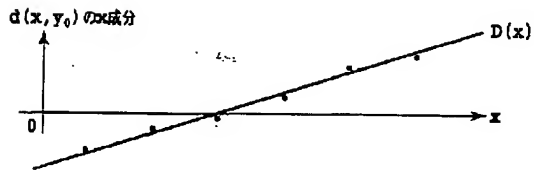
[Drawing 38]



[Drawing 43]

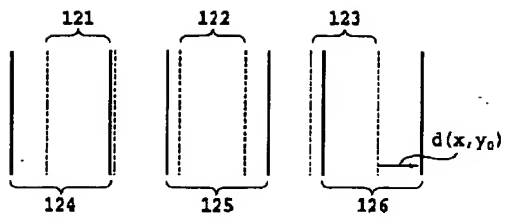


(a)

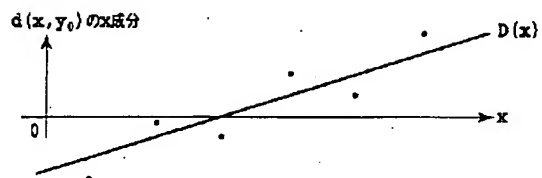


(b)

[Drawing 44]

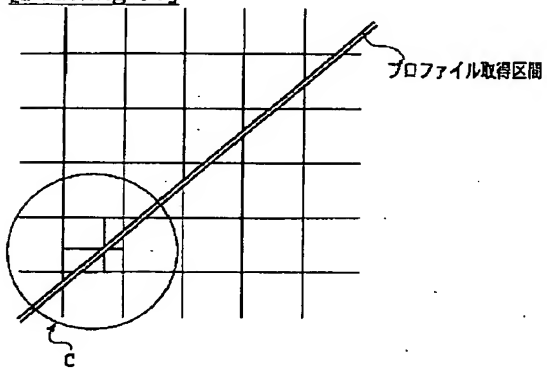


(a)



(b)

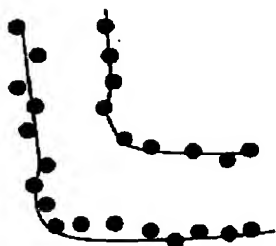
[Drawing 51]



[Drawing 54]

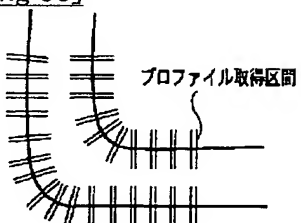


(a)

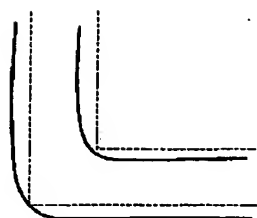


(b)

[Drawing 55]

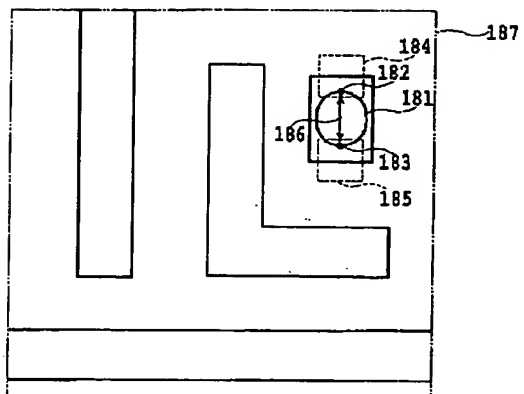


(a)



(b)

[Drawing 56]



[Translation done.]